

자동차 브레이크용 고분자 복합재료의 제조와 그 특성에 관한 연구

손태관* · 김봉식** · 김윤해***

Processing and Physical Properties of Composite Materials for the Brake Lining of the Automobile

T. K. Shon · B. S. Kim · Y. H. Kim

Key words : Composite materials(복합재료), Brake lining(브레이크 라이닝), Frictional coefficient(마찰계수), Non - asbestos friction material(비석면계 마찰재료)

Abstract

Along with the rapid development of automobile industry in this country the necessity of high quality braking material is ever increased to maintain the comfortness as well as the safety the passengers. Asbestos - based friction materials are banned in the developed countries because of their cancer - inducing effect.

This study focuses on the development of non - asbestos friction material with acceptable properties such as wear resistant high temperature endurant and low - noise enducing.

We have all the intermediate test results indicating the contribution of each additives. These are qualitatively analyzed. Manufacturing processes such as opening of the kevlar and degasing at elevated temperature is equally important to attain proper level of friction quality.

1. 서 론

국내 자동차산업의 비약적인 신장이 전산업에 미치는 영향은 아주 크다. 향후 지속적인 성장을 위해서 내수보다 수출에의 비중이 더욱 증대되고

있다. 수출용은 내수용보다 품질요구조건이 까다롭고 사후관리의 어려움때문에 보다 고품질이 요구된다.

자동차의 여러 부품중에서도 제동부분은 자동차의 안전운행과 관련하여 품질의 중요성이 크게

* 정희원, 영남대학교 대학원

** 정희원, 영남대학교

*** 정희원, 한국해양대학교

인식되어야 하며 내수용에 있어서도 고품질이 요구되고 있다. 종래에는 제동용 마찰재로서 석면섬유를 강화재로 한 제품이 널리 사용되어 왔다. 석면은 강도, 표면적, 가공성, 절연성, 경제성이 뛰어나 마찰재의 기지재로서 필요한 모든 성질을 구비하고 있으나, 근년에 들어 석면분말이나 입자들이 호흡기 질환 내지는 발암요소로 지목됨에 따라 미국과 같은 나라에서는 석면제 마찰재는 물론 석면생산자체를 금하고 있는 형편이며, 유럽에서도 석면마찰재가 비석면재 또는 준금속 마찰재로 이미 대부분 대체되고 있다.

국내 자동차용 마찰재 생산은 그동안 석면을 주로 사용하는 7-8개 중소기업에 의존해 왔으며 1-2개 업체를 제외하고는 극히 영세한 사후관리용 소규모 생산에 불과하다.

기술환경의 변화와 시장의 요구는 석면을 대체할 새로운 섬유에 의한 마찰재나 소결 또는 유기결합체를 이용한 준금속 마찰재의 개발이 시급해졌고, 선진국에서는 이미 이 두가지 형태의 마찰재가 광범위하게 개발, 사용되고 있으나 국내에서는 개발능력의 부족으로 어려움을 겪고 있으며, 수출우선을 위하여 수출차에 장착되는 제품은 대부분 수입에 의존하고 있다. 현재 기술도입을 서두르고 있는 몇몇 업체에서 규격품이 생산되면 수입이 대체될 전망이나 많은 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

국내의 몇몇 마찰재생산업체에서 이미 몇가지의 비석면계 마찰재를 개발, 적용중에 있으나 대부분 품질불안정과 성능산포로 인하여 보다 적극적인 연구가 요구되고 있다. 선진국의 경우는 마찰, 마모에 대한 체계적인 기초연구가 이루어져 왔으나, 국내의 경우는 현재 자동차 브레이크, 특히 마찰재를 생산하고 있는 업체의 능력이 중소기업 정도의 규모에 지나지 않는 실정이다.

본 연구는 유기마찰재에 초점을 맞추어 미국 듀폰사제품인 케블라(Kevlar)를 석면 대체섬유로 하여 적절한 마찰계수와 내마모성을 가지며 열이력(Fade)과 열회복(Recovery)특성이 양호하고 대면손상을 주지 않으며, 진동이나 소음발생이 적고 충분한 강도를 갖도록 그 배합조성(Formula)을 조정하여 열이력과 열회복에서의 마찰특성(마찰계수

와 마모율)을 판별하기 위한 정속마찰시험(KS R 4042)을 실시했다. 그 결과를 종합하여 5-6개의 기본 배합조성을 확정하고 이 기본 배합조성을 중심으로 성능조건재들을 변화시켜 가면서 마찰, Dynamo, 경도 및 강도, Noise, Dynamo Test 및 실차시험에 의한 소음측정실험을 실시하므로써 경쟁성있는 마찰재를 개발하고자 하였다.

2. 배합조성

본 연구는 우선 기존 마찰재에 널리 사용되고 있는 석면섬유 사용의 규제성 때문에 적절한 다른 물질로 대체하여 성능이 우수한 비석면계 마찰재를 개발하고자 한다.

마찰재는 결합제, 섬유형 보강재, 그리고 다양한 기능을 갖는 많은 첨가물로 구성되기 때문에 우수한 성능을 고루 갖춘 배합조성을 개발하기 위해서는 정확한 기능의 파악이 우선되어야 한다.

그러나 문헌, 주로 특허를 통하여 접근할 수 있는 기능파악은 제한되어 있거나 모호한 점이 많고, 첨가물의 소재로서의 제반 특성이 명시되지 않았을 뿐만아니라 객관성이 결여된 경우도 많은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 최소의 성분으로 모델 배합조성을 구성한 후에 주로 기능 파악에 초점을 맞추어 1차적으로 예비배합조성(Coarse Formula)을 결정하였다. 표 1에 배합조성표를 나타낸다.

2.1 예비배합조성

2.1.1 결합제의 선정

마찰재에 쓰이는 결합제용 페놀 및 그 변성수지는 현재 국내에서 (주)강남화성 및 (주)코오롱 유화에서 자체 개발하여 다양한 품목이 시판되고 있다.

본 연구에서는 건식가공되는 브레이크라이닝, 패드 만을 대상으로 택하여 노블락계 수지만을 사용하였으며, 예비 배합조성에서는 강남화성제 R89, R03 그리고 이들보다 분자량이 낮은 R17을 실험적으로 제조하여 배합조성번호 1번~15번까지를 비교검토하였다.

그러나 성능변화의 뚜렷한 경향을 파악하고 미묘한 차이를 규명하는데 번잡성을 피하기 위하여

Table 1 (a) Formulation

Composition\Specimen No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Resin	R-89	15	15	15							15	15	15				15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	
	R-03				15	15	15	15																			
	R-17								15	15				15	15	15											
	R-H		2					2		2			0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Fiber	F-K	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		2		2		5	5	5	5	5	
	F-P			10													5	5									
	F-H																		15	5							
	F-F																				15						
	F-C																										
Property Modifier	P-CD	10	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10	10	
	P-CA											10											5	5	5	5	
	P-H										10				10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Filler	F-10	50	50	45	50	50	50	48	50	48	48	10	49.5	38.5	38.5	38.5	44.5	42.5	34.5	42.5	34.5	24.5	39.5	49.5	34.5	39.5	
	F-B	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	
	F-C																					20				10	
	F-Br																20										

우선 수지는 소형 승용차용 브레이크 마찰재에 주로 쓰이는 R89로 고정시키고 나중에 수정배합조성의 구성시에 수지의 종류나 함량을 최적화하기로 하였다. 수지의 함량은 일반적으로 15%수준을 유지하였으며 함량 변화의 영향을 보기위하여 24번, 57번 배합조성을 별도로 구성하였다.

R17수지는 연화점이 82℃로서 시판되는 어느 등급 보다도 분자량이 낮으며, 따라서 유동성이 좋을 뿐만 아니라 경화제 Hexa(Hexa)가 전혀 첨가되지 않아 Hexa의 입자크기, 함량등을 연구하는데 이용하고자 별도로 합성하게 된 것이다.

2.1.2 Hexa의 첨가

노블락계통의 페놀수지는 Hexa메칠렌테트라민의 경화제가 필요하며 현재 브레이크 마찰재 제조회사가 아닌 수지공급회사에서 적정량 첨가하여 공급하고 있기 때문에 입자크기, 함량등은 잘 알려져 있지 않다.

정확한 함량은 알 수 없으나 R 89, R 03등의 경우는 수지의 6~7%첨가된 것으로 알려져 있다. 마찰재의 성격에 따라 대략 8-10%정도가 보편화되어 있는 것으로 보이므로 본 연구에서는 우선 Hexa의 양을 변화시켜, 배합조성번호 1번~15번 사이에서 검토하였다.

R17수지는 Hexa의 입자크기를 100mesh로 조절하고, 수지의 13%정도가 되도록하여 그 기능을 극대화 시켜보고자 하였다. 그리고 배합조성 15번까지는 Hexa를 전체적으로 수지의 13%선까지를 최대로 하였으나 그 이후에는 모두 10%선으로 유지하였다. 즉 16번부터는 이미 수지에 들어있는 Hexa의 양을 고려하여 추가로 0.5%정도를 더 첨가시켰다.

2.1.3 섬유 선징

본 연구에서 시도하고 있는 석면을 사용하지 않는 마찰재 개발에 있어서 섬유의 선징이 무엇보다

Table 1 (b) Formulation

Composition\Specimen No.		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	
Resin	R-89			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15								
	R-03	15	15																									
	R-H	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.0	5.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5							
Fiber	F-K	5	5	5		5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
	F-H																											
	F-F																											
	F-S																											
Property Modifier	P-CD	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10							
	P-CA				5																							
	P-H	10	10	10	5		5			5	5																	
	P-S	1																										
	P-B		1	1	1																							
	P-P												10															
	P-F																					10						
	P-Z																											
	P-M																											
	P-Ca																											
	P-Hi																											
	P-PS											10																
	P-GB					10												10										
	P-GB ₁						10																					
	P-CO																		10									
	P-COP								10	10																		
	P-K ₂																											
	P-I																											
	P-A																									10		
	P-Mo										10	10																
P-Sb																					10							
Filler	F-W	37.5	37.5	38.5	38.5	39.5	14.5	39.5	39.5	39.5	14.5	39.5	39.5			39.5	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5							
	F-B	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20						
	F-C						20				20																	
	F-Si																											
	F-V																										49.5	

도 중요하다. 석면 자체가 장, 단섬유로서, 보강기능이 크고, 경화되기 이전의 프리포움 소지강도등을 부여하고 있기 때문에 이를 대체하기 위해서는 대체되는 섬유의 마찰, 마모특성이외에 기계적 강

도, 보강효과도 중요하다. 지금까지는 많은 석면 대체 섬유가 알려져 있으며 그중 미국 듀폰사가 개발한 아라미드섬유, 유리섬유, Fiber Flex, Hi-Fiber, 산화된 PAN(PANOX) 탄소섬유, 그밖의 광

Table 1 (c) Formulation

Composition\Specimen No.		45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Resin	R-89	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17	15	15
	R-17														
	R-H	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Fiber	F-K	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5
	F-H														
	F-F														
	F-S														
Property Modifier	P-CD	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	8	5	5
	P-CA									5	5	5	5	3	3
	P-H	5	5	5		5	5	5	5	3	3	3	3	5	5
	P-BS														
	P-B														
	P-P														
	P-F														
	P-Z	10			5						2	2	2		
	P-M														
	P-Ca					10									
	P-Gl														
	P-PS			10											
	P-Si														
	P-GB ₁								5	1	1	1	1	1	1
	P-CO														
	P-COP		10		5					2.5	5.5	5.5	5.5	2.5	2.5
	P-K ₂							5						1.5	1.5
	P-I														
	P-A						5			3	3	3	3	1.5	1.5
	P-MO														
P-Sb															
Filler	F-W	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	20	15	20	15	20	20
	F-B	20	20	20	20	20	20	20	20	20	25	20	20	20	20
	F-C	10	10	10	10	10	15	15	15	20	15	1.5	15	20	10
	F-Si														
	F-V														10

물성 섬유등이 많이 연구되고 그 일부는 상업화되어 쓰이고 있다.

본 연구에서는 아라미드 이외의 섬유등을 배합 조성번호 3, 16, 17, 18, 19, 20번에서 그대로 또는

하이브리드(Hybrid)로 5%~15%까지 첨가하여 시도하였다. 그러나 개면(Opening), 혼합(Mixing) 등의 전처리 공정을 아라미드와 동일한 방법으로 하였기 때문에 섬유의 분쇄가 일어나서 적절한 성

능을 얻기 어려웠고, 모든 예비배합조성에서 기계적 강도 시험을 하여 평가하는것도 여건상 어려웠으므로, 1차적으로 아라미드를 중심으로 수정배합조성을 개발한후에 그 전부 또는 일부를 타 섬유로 대체하여 가공성 특히 개면연구와 병행하여 그 가능성을 검토 하였다.

한편 아라미드 자체는 전 방향족 폴리아미드로서 융점이 높고, 고탄성, 고강도의 특성을 가지고 있으나 가격이 비싼것이 결점이다. 듀폰사에서 모델로 제시한 배합조성을 참조하여 전체적으로 5%(무게 백분율)함량을 유지하였으며 형상비 100~500인 Chopped fiber를 사용하였다.

2.1.4 충전재

충전재로서 마찰계수를 증진시키고 마모율을 낮추어주는 F-B는 거의 모든 예비배합조성에서 20%씩 사용되었으며, 15번은 완전히 충전재를 배제하고, 25번은 10%로 양을 줄이는 대신 F-C로 대체하여 그 기능을 확인 하였다.

그리고 F-W를 충전재로서 다량사용 하였다. F-W를 충전제로 분류하였으나 형상비가 큰 단섬유로 볼 수 있으며, 석면대체용 섬유로서 아라미드를 사용할 경우 후자가 고가임을 고려하여 그 함량을 늘릴 수 없으므로 일단 섬유형 충전재인 F-W가 적합할 것으로 사료된다.

그리고 배합조성 38번은 F-W를 완전히 F-V로 대체하여 고유기능을 파악하고자 구성하였다. 한편 많은 마찰성능 개질재의 기능을 조사하기 위해서는 다른 성분의 양이 감소해야 하므로 우선 대부분의 예비배합조성에서는 F-W의 양을 줄여나가는 방법을 택하였다.

2.1.5 개질재

유기계 개질재로서 P-CD를 8-10%정도 거의 모든 배합조성에서 사용하였으며 23번에서는 전혀 첨가치 않고 53번 이후는 5-8%로 변화시켰다.

그밖에 카본블랙(Carbon Black), 하이카(Hycar), 유황, Pb_3O_4 , Fe_2O_3 , ZnO, MgO, Ca(OH)₂, Hi-carbon, 흑연A, 흑연, CuO, 동, Fe분말, Al_2O_3 , $K_2Cr_2O_7$, MoS_2 , $CaCO_3$ 등 많은 성분을 일반적으로 상용되는 것으로 알려진 양보다는 다량으로 하여 그 기능을 확대시켜 파악코자 하였다.

2.2 수정배합조성

예비배합조성으로서 성능시험결과 가능성이 높은 조성을 기준으로 개질재의 함량을 줄이면서 소량씩 첨가되는 새로운 개질재를 추가하여 구성하였다.

이때 유기계 20-30%, F-W를 포함한 섬유계 25%내외, 무기계 40-50%, 금속계 0~10%의 토대는 유지하면서 유사한 기능을 갖는 것들을 대체시키거나 복합시키기도 하며 함량 또한 소량씩 변화시켜 보았다.

현재까지 53번 배합조성부터 58번까지 구성하였으며, 한 배합조성당 시편의 갯수도 늘려서 시편물성의 균일성, 재현성, 각 개질재의 영향등을 종합적으로 검토코자 하였으나, 탈형을 원활히 하기 위하여 흑연을 1%씩 모두 첨가하였다.

2.3 실험기기 및 방법

자동차용 브레이크 라이닝의 마찰성능 중 마찰계수, 마모율을 파악하고자 정속마찰실험을 행하였으며, 실험 재료는 정속 마찰 시험용 시편(KS R 4024에 준함)을 사용하였다. 실험방법은(KS R 4024 자동차용 브레이크 라이닝)에 준하여 행했으며, 본 실험에서는 부수적으로 Fade실험시 매 온도마다 두께 측정 후 각 시편의 무게를 측정하여 시편의 중량감소율(Relative Weight Loss)를 구하였다.

$$\text{시편의 중량감소율, } \delta W = \frac{1}{2} \left(-\frac{\Delta W_A}{W_A} + \frac{\Delta W_B}{\Delta W_B} \right)$$

W_A : 시편 A의 무게

W_B : 시편 B의 무게

ΔW_A : 시편 A의 무게 감소량

ΔW_B : 시편 B의 무게 감소량

또한, 브레이크 소음의 방지를 위한 실험의 일환으로 우선 문제가 되는 고유진동수의 주파수와 상대진폭을 알아 보고자 소음실험을 행하였다. 그리고, 자동차용 브레이크 라이닝(Brake Lining)의 각 조성에 대한 기계적 성질을 파악하고자 경도시험(Rockwell Digital Hardness Tester (Manufactured by WWILSON Co., LTD) R scale=Pene-

trator : 1/2 inch ball, major load : 60kg)을 행했으며, 실험방법으로서는 정속 마찰 실험을 마친 시편을 디지털 경도 시험기로써 시편의 마찰면에 대해서 하나의 시편당 2회씩 측정하여 각 조성의 라이닝당 총 4개의 경도치를 얻어서 이를 산술평균치로 낸다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 예비배합조성

3.1.1 수지의 종류

기본수지 R-89와 R-03, R-17을 비교하면 다음과 같다.

표 2에서 보는 바와 같이 R-89에 비하여 R-03이 마찰계수는 나은편이나 내마모성은 떨어지는 결과를 보였다.

특기할만한 사실은 실험에서 제조한 R-17수지는 위의 2가지형의 수지에 비하여 변형시키지 않은 순수 수지임에도 불구하고 마찰계수, 내마모성 등이 약간 더 우수한 것으로 나타난 것이다. 그 이유는 수지의 분자량이 낮으면 유동 온도가 낮은 결점은 있으나 결합체로서 표면을 고르게 적셔주는 효과가 더 크게 되는데 있다.

3.1.2 핵사의 함량

R-89수지나 R-03의 경우 핵사의 함량은 수지의 6-7%정도로 알려져 있으며 이를 기준으로 함

량이 증가된 경우를 표 3에 비교하였다.

이들 결과를 통하여 hexa의 양을 적정화 할 경우 내마모성등을 개선할 수 있을 것으로 보이며, 특히 2번과 12번을 비교하여 보면, 함량이 너무 높을 경우, 예를 들면 2번의 경우 전체적인 핵사의 양은 수지의 20%가까이 되며, 마모율이 월등이 높아진다. 핵사의 양이 많으면 열경화시간이 빨라져서 수지의 유동시간이 짧아지고, 탈기 등의 가공상의 주의점이 수반되지 않으면 오히려 고온 내마모성 내열성등이 떨어질 위험이 있다. 그러나 R-17수지는 유동성이 R-89보다 낮기 때문에 핵사의 양에 따라서 마모율의 저하는 나타나지 않고 있으므로 위 사실을 간접적으로 확인할 수 있다.

본 연구에서는 배합조성 구성시 시판되는 수지에 0.5%의 핵사를 따로 추가하여 결합체 효과를 개선 시키고자 시도하였다.

3.1.3 섬유형 보강재

섬유 종류에 따른 결과를 단순 비교하면 다음과 같다. 단, 이들 결과는 아라미드 섬유와 동일한 방법으로 다른 섬유도 개면, 혼합하였기 때문에 가공이 적정화되지 못하였고 섬유의 주 기능인 강도보강 효과는 측정하지 않았기 때문에 단순 비교하여 그 가능성만을 판단하는데 이용될 수 있다.

3.1.4 Hycar 및 가교제

Hycar는 니트릴 고무로서 결합체의 기능을 부여하면서 마찰제의 저온 성능을 높여주는 첨가제

Table 2 Effects of resins on frictional coefficient, wear loss, fade and recovery

Performance Specimen No.	Frictional coefficient		Wear loss		Fade		Recovery	
	150℃	300℃	150℃	300℃	Low Temp	High Temp	Low Temp	High Temp
1R 89	0.52	0.25	4.6	12.2	good	bad	good	bad
4R 03	→	→	→	→	→	→	→	→
8R 17	→	→	→	→	→	→	→	→

Table 3 Effects of hexa contents on frictional coefficient, wear loss, fade and recovery

Performance Specimen No.	Frictional coefficient		Wear loss		Fade		Recovery	
	150℃	300℃	150℃	300℃	Low Temp	High Temp	Low Temp	High Temp
1R 09	0.52	0.25	4.6	12.2	good	bad	good	bad
2(2% hexa	→	↗	↗	↗	→	→	→	→
12(0.5%)	→	→	↘	↘	→	→	→	→

Table 4 Effect of hycar on frictional coefficient, wear loss, fade and recovery

performance Specimen No.	Frictional coefficient		Wear loss		Fade		Recovery	
	150℃	300℃	150℃	300℃	Low Temp	High Temp	low Temp	High Temp
1R 09	0.52	0.25	4.6	12.2	good	bad	good	bad
10(Hycar 10%)	0.34	0.23	4.1	4.4	→	→	→	→
13(R 17)	0.56	0.26	4.3	7.7	→	→	→	→
14(Hycar 10%)	0.46	0.18	1.8	7.2	→	→	→	→

Table 5 Effect of fillers on frictional coefficient, wear loss, fade and recovery

performance Specimen No.	Frictional coefficient		Wear loss		Fade		Recovery	
	150℃	300℃	150℃	300℃	Low Temp	High Temp	Low Temp	High Temp
1(R - 89)	0.52	0.25	4.6	12.2	good	bad	good	bad
11(P - CA)	0.40	0.23	1.2	2.7	→	→	→	→
12	0.56	0.26	3.8	7.6	→	→	→	→
30(P - GB)	0.44	0.13	1.2	1.0	→	→	→	→

로 상당히 많이 이용되고 있다. 표 4에 수지의 종류에 따른 Hycar의 기능을 검토하였다.

위 표4에 의하면 Hycar는 전반적으로 마찰계수를 떨어뜨리거나 저온 마모를 그리고 절대 마모율(무계손실)은 월등하게 향상되고 있음을 볼 수 있다. 즉 마모율의 향상은 다양한 충전재의 결합 효과를 높여 주기 때문에 일어나는 것으로 사료된다.

3. 1. 5 P - CA과 P - G

BP - CA 및 P - GB는 모두 마찰계수의 저하를 가져오면서 내마모성, 소음방지 효과등으로 알려져 있는 충전재이다.

먼저 표 5의 1번과 11번을 비교하면 P - CA 10%가 첨가되면 마찰계수는 저하되나 내마모성은 월등히 개선되고 있으며 P - GB의 경우 12번과 30번을 비교하면, 고온마찰계수는 급격히 떨어지거나 내마모성, 절대 내마모성은 월등하다. 이 사실은 이들의 기능을 윤활제로 보고 있는 문헌의 결과와 잘 일치하고 있다.

그리고 28번의 Hycar 10%대신 Hycar 5%+ P - CA 5%로 구성하면 P - CA가 첨가됨으로써 전 온도에서의 내마모성은 월등히 개선되고, 고온 마찰계수도 약간 증가되나 저온 열회복특성은 저하되고 있음을 알 수 있다. 결과적으로 이들 윤활기능을 갖는 모든 성분은 마모율을 낮춘다는 문헌의

결과와 일치하는 거동을 확실히 보여주고 있다. 특히 MoS₂는 고온마찰계수의 약간의 상승을 가져오면서 열이력과 열회복 특성이 더 우수하여 좋은 윤활제임을 알 수 있으며, Sb₂S₃는 마찰계수의 큰 변동없이 내마모성의 개선, 열회복상승등의 좋은 결과를 보여 주고 있다. 그리고 PbS는 흔히 wet lubricant로 용해하여 윤활시키는 것으로 알려져 있으며, 본 결과는 다른 윤활제와 큰 차이를 보이지 않으나 열회복 특성은 최하로 나타났다.

3. 1. 6 금속 충전재

표 6은 금속 산화물인 P - CO, 동, P - Z, P - P 등의 효과를 알아보기 위한 것이다.

표 6을 보면 동은 고온의 경우 마찰계수, 내마모성등의 개선효과가 있으나, 마찰계수 변화가 좁은 온도범위에서 고온 열회복은 잘되나, 저온 열회복은 아주 좋지 않다. 그 반면에 P - CO는 고온에서 마찰계수가 거의 떨어지지 않아 열이력특성이 가장 우수하여 열회복도 아주 우수하다. P - Z의 경우는 마찰계수가 감소하나 다른 특성은 나쁘지 않다. 그런데 P - CO, P - Z등은 경화 촉진제의 구실을 하는 것으로 일부 문헌에 보고되고 있어, 페놀수지를 사용한 마찰재 구성에 매우 유익하게 쓰여질 수 있는 금속 산화물 충전재로 생각된다. P - P는 고온마찰계수가 감소하나 내마모성, 열회복 특성을 약간 개

Table 6 Effects of metallic fillers on frictional coefficient, wear loss, fade and recovery

performance Specimen No.	Frictional coefficient		Wear loss		Fade		Recovery	
	150℃	300℃	150℃	300℃	Low Temp	High Temp	Low Temp	High Temp
12	0.56	0.26	3.8	7.6	good	bad	good	bad
32(Cu)	→	→	→	↘	→	→	→	→
37(P - P)	→	↘	↘	↘	→	→	→	→
40(P - CO)	→	→	↘	↘	→	→	→	→
43(P - Z)	→	↘	↘	↘	→	→	→	→

선시키고 있다.

종합적으로, 금속보다는 금속 산화물의 효과가 크고 특히 P - CO, P - Z 등의 우수한 특성을 본 연구에서 발견하였으며, 일반적으로 금속 첨가물의 함량이 높으면 소음 특성이 나빠지기 때문에 반드시 소음을 낮추어주는 흑연등과 함께 사용되지 않으면 안된다. 따라서 금속산화물은 윤활기능을 갖는 첨가제와 함께 사용되어야 하므로 적어도 마찰계수 저하를 가져오지 않게 하여야 한다. 그런점에서 P - CO는 수정배합조성에서 그 성능을 다시 검토하고자 하였다.

3.2 수정배합조성

53번부터 58번까지의 시편은 성능이 우수하게 나타난 예비배합조성(전술한 나항 참조)를 토대로 이들이 갖는 성능을 향상시켜서 마찰재로서의 기능을 고루 갖추도록 강구하였다. 53번은 21번을 기준으로 고온 마찰특성을 개선하기 위하여 P - A를 최대허용치인 3%, 그리고 열전달 기능을 부여하기 위하여 P - COP를 2.5%, 탈형을 원활히 하고 소음방지를 위하여 P - GB를 1%첨가한 것이다.

그 성능은 비교적 마찰계수도 안정되어 있고 열이력과 열회복 특성도 우수하며, 마모율은 나쁜편은 아니다. 53번과 54번 조성은 무기계충진재대신 금속제를 5%증가시킨 결과 마찰계수는 조금씩 떨어지나 마모율은 나은 편이며, 열회복 특성은 더 나쁜것으로 나타났다. 그러나 54번 56번을 비교하면 무기계 F - B를 5%줄이는 대신 유기계 수지 및 P - CD를 5% 늘리면 마찰계수는 전반적으로 낮아지고 350℃에서의 마찰계수가 현저하게 감소한다.

지금까지 몇개정도의 수정배합조성만 시험하여

검토하였지만 함량을 소량씩 변화시키더라도 그 특성은 뚜렷하게 달라지고 있는 것을 볼수 있어 앞으로, 더욱 많은 시편이 제작되어, 예비배합조성에서 대강 파악된 기능들의 복합시의 순기능 역기능 등을 체계적으로 조사함으로써 좋은 마찰재를 개발할 수 있을 것으로 생각된다.

3.3 섬유 개면

개면시험결과에 의하면,

가. 섬유에 P - GB를 1g정도만 첨가하여도 첨가하지 않았을 때에 비하여 정전기 잔류 현상을 거의 찾아 볼 수 없을 정도로 개면시간을 2분에서 4분까지 변화시켰음에도 불구하고 개면 결과는 동일함을 보여주고 있다(그림 1).

나. 섬유에 P - GB첨가량에 따라서 개면결과를 비교하여 보면 P - GB첨가량의 증가에 따라서 개면효과는 좋은것으로 나타나는데 이는 P - GB의 양전도체 성분에 의한것도 있으나 보다 중요한 것은 비중이 큰 F - B 양이 감소함에 따른 겉보기 결과라고 생각된다(그림 2).

다. 섬유의 개면이 재료의 첨가순서에 별다른 영향을 받지 않음을 알 수 있다(그림 3).

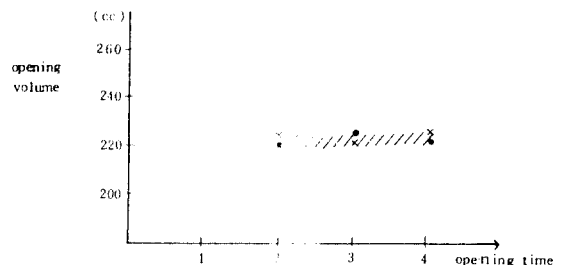


Fig. 1 The change of volume with opening time

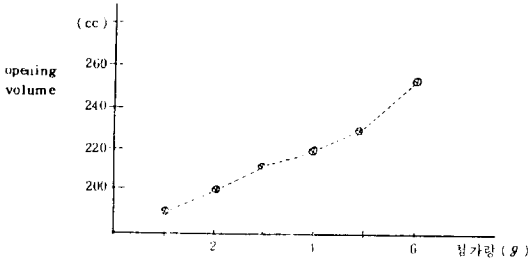


Fig. 2 The change of volume with graphite contents

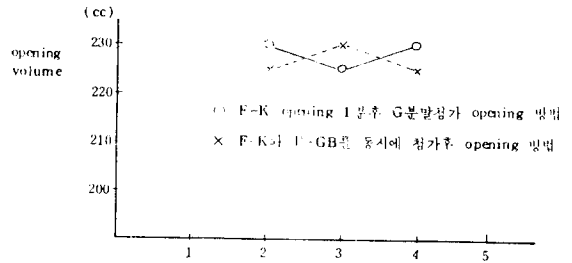


Fig. 3 The change of opening volume with additive modifier

4. 결 론

1. 유기계 비석면 마찰재료로서 F-K 섬유를 사용한 예비배합조성실험결과 각 조성이 마찰특성에 미치는 영향을 정성(일부정량)적으로 분석할 수 있었다.

2. 일부 수정배합조성의 결과(53-56)는 개질제의 소량첨가 또는 조정으로 마찰재의 기능과 역기능의 변화를 파악할 수 있음을 보여주고 있다.

3. F-K 섬유가 보강재로서 균질혼합이 되게 하기 위하여는 고전단력에 의한 개면(Opening)이 이루어져야 하며 이때 발생하는 정전기는 섬유개면을 방해하고 재차 밀착되게 하므로 이에 대한 적절한 대책이 강구되어야 한다. 개면장치의 회전속도와 날개의 형상은 고전단력에 의한 단계면과 밀접한 관련이 있으며 비전도성 분말재를 혼합하므로써 정전기 처리를 할 수 있다.

4. 개면과 혼합은 2단계 공정으로 할 수 있으며 혼합기 구조를 2중가변 회전토크하므로써 1단계 공정으로도 가능하다.

참고문헌

- 1) U. S. Pat. 2,156,594 A(Mar. 28, 1984) Chopped fiber glass and aromatic polyamide fiber.
- 2) U. S. Pat. 2,156,826 A(Mar. 26, 1984) Poly acry-

- lonitrile
- 3) U. S. Pat. 3,856,120(DEC. 24, 1974) Steel, ceramic Carbon fiber
- 4) Thermal stability and fade characteristic friction materials M. G. JACKO, W. M. SPURGEON SAE 680417(1968)
- 5) Prediction of brake pad wear/life by means of brake severity factor as measured on a data logg'g system H. Minnegishi, H. Shimizu SAE 840358(1984)
- 6) For proposed tests will ensure QC & consistency of all automobile brake lining A.R. SPENCER, BENDIX SAE journal(1967), Vol. 75, No. 8(P. 46-50)
- 7) Four test for consistency of automobile brake linings A.R. Spencer, Bendix SAE 660412(1966)
- 8) A review of progress with some recently developed techniques for friction material evaluation A.R. Spencer Bendix SAE 670081(1967)
- 9) Machine testing for brake lining classification A.J. Wilson, Girling SAE 710249(1971)
- 10) A new lab. friction & wear test for the character of brake linings A. E. Anderson, Ford SAE 670079 (1967)
- 11) Properties of friction materials 1 - experiments on variables affecting noise P. R. Basford, S. B. Twiss Tran of the ASME(1958) No. 2(P. 402-406)