

습식클러치용 마찰재의 조성별 마찰특성에 관한 연구

A Study on the Frictional Characteristics of Wet-Clutch Friction Materials in Accordance with Compositions

강 전 익,* 한 흥 구,* 최 응 수,* 권 오 관**
J. I. Kang, H. G. Han, U. S. Choi, O. K. Kwon

ABSTRACT

Wet-friction materials have been widely used for clutches and brakes of automotives over past several decades.

In order to enhance its performance, its friction behaviour should be fully understood. It is, however, still not at hand and therefore an attempt was made to have some more understanding of friction behaviour of wet-friction materials.

Measurements of coefficient of friction were made with the variation of lubricants, lub. temperature, sliding velocity, and contact pressure.

In addition, the effects of both the viscosity of lubricants and the porosity of materials on the coefficient of friction were also investigated.

It can be concluded that the coefficient of friction is decreased as the cocentrations of the resin and inorganic fillers are increased, and it tends to decrease with the increase in the lubricant temperature and sliding velocity.

1. 서 론

습식 마찰 클러치에서 마찰재로 사용되는 셀룰로오스 보강 복합재료는 1950년대 이후 개발된 이래 현재에 이르고 있다. 초창기에는 내열성 및 마찰특성이 우수한 석면 섬유(asbestos fiber)를 주원료로 하고, 열강화성 수지와 각종 무기 충전제 등으로 구성된 석면계 복합재료가 경하중용 습식 마찰클러치로서 광범위하게 사용되어 왔다.¹⁾ 그러나, 1970년대에 이르러 석면섬유의 공해문제와 더불어 상

대표면에 대한 과도한 마모와 마찰음 발생 등의 기계적 문제점이 제기되면서 비석면 습식 마찰재에 대한 연구가 활발히 진행되었다.

습식클러치용 마찰재의 마찰특성을 결정짓는 재질적 요소는 사용된 무기물 충전제와 마찰안정제의 형태 및 량, 수지(Resin)의 사용량, 제조된 마찰재의 함침기공율, 셀룰로오스 섬유 구조적 관계에 있으므로 학자들간에 이에 대한 많은 연구가 있어왔다. 함침기공율을 결정짓는 주요 인자로서는 셀룰로오스 섬유의 길이와 직조성(Texture)을 포함하여 사용된 무기충전제의 형태와 입자의 크기(비표면적),

* 한국과학기술연구원 기계공학부

** 정희원, 한국과학기술연구원 기계공학부

그리고 수지의 사용량 등이 있다. Sugita는 습식용 마찰재의 합침기공율을 향상시키기 위하여 식물성 펄프에다 속이 비어있는 유기섬유를 1~15wt% 첨가함으로써 1~3wt%를 증가시켰으며 아울러 유기섬유 보강에 의한 습식용 마찰재의 작용 특성은 유중에서 작동되기 때문에 마찰이 비교적 낮고, 마모량도 매우 적으며, 내구성이 좋은 특성을 지닌다.²⁾

특히 셀룰로오스의 부드러운 재질특성으로 인해 다른 마찰재에 비해 소음이 없으며, 오일의 냉각효과 때문에 안정된 마찰값을 지니게 된다. 그러나, 마찰부위에서 발생하는 높은 열로 인해 개재되었던 오일의 열분해로서 생성된 탄화물이 마찰재 표면에 코팅되어 고체윤활제 작용을 하므로써 장시간 사용시 마찰계수는 다소 감소되는 경향을 나타내게 된다.

본 논문에서는 습식용 마찰재의 주원료로서 본질적으로 기공성이 우수한 천연 목재 펄프와 기계적 강도를 높이기 위해 합성아라미드 펄프를 혼합한 셀룰로오스를 채택하였으며, 열경화성 수지와 무기충전제의 종류 및 첨가량, 그리고 사용된 윤활유의 점도에 따른 마찰특성을 규명하고자 한다.

2. 시료 및 실험

2.1 시 료

2.1.1 펄프의 선정

펄프의 주성분은 탄수화물의 일종인 셀룰로오스 $[C_6H_{10}O_5]_n$ 로 구성되어 있다. 여기서 n은 중합도를 나타내고 천연 셀룰로오스의 경우 평균중합도는 3,500이며, 린터펄프 1,000~3,000, 목재펄프 600~1,500, 레이온 200~600의 중합도를 지닌다. 셀룰로오스는 일반적으로 친수성, 높은 인장강도, 유연성, 물에 불용성, 내가소성변형, 화학적 안정 등의 특성이 있으며 제지공정시 물을 매체로 하기 때문에 펄프는 쉽게 물을 흡수하여 현탁액이 된다. 펄프화공정에 따라 섬유질의 물성이 다르므로 용도에 맞는 펄프를 선정한다. 선정된 펄프는 물에 풀어 슬러리 상태로 만든 다음 적당한 제지특성을 갖추기 위해 펄프의 장섬유

를 기계적 전단력에 의해 절단 해섬시키는데 이를 고해(refining, beating)라 하며, 절단 장치로서 beater, refiner가 사용된다. 펄프는 고해가 진행됨에 따라 인열강도 및 인장, 파열강도가 감소하는 경향을 나타내므로 본 실험에서는 인열강도, 파열강도 등의 물성이 우수한 화학펄프로서 섬유길이와 짧은 활엽수(hard woods)로 펄프화된 클라프트 펄프와 부수적으로 내열성이 우수한 합성아라미드 펄프를 선정하였다.

2.1.2 무기충전제의 선정

무기충전제는 습식용 마찰재의 마찰을 증진시키기 위해서 사용되는 소재로서 금속분말, 규조토(diatomite), 활석(talc), 실리카, 금속산화물(Fe_2O_3 , Al_2O_3 등) 및 실리카 화합물 등이 있다. 그러나 습식용 마찰재는 유중에서 작동되므로 마찰특성 및 내구성이 우수하여야 하며, 상대면과의 접촉시 윤활부위로부터 오일의 이동을 용이하게 하므로써 두 면간의 미끄럼 현상을 최소화하고, 완전한 접촉을 이루게 하기 위해 습식용 마찰재는 본질적으로 다공질 구조를 가진 무기충전제를 사용한다.

그리고 내마모성은 주요 특성중의 하나로서 무기충전제의 선정 및 첨가량 등이 중요하게 작용된다. 본 실험에서는 규조토, 실리카, 지올라이트 등의 무기물을 펄프에 일정량 첨가하여 습식용 마찰재를 제조한 후 물성을 검토하였다. 실험에 사용된 무기충전제들은 공업용(technical grade)을 사용하였으며, 주사전자 현미경(SEM)을 이용하여 표면구조를 관찰하였다. 이외에 마찰향상제(friction modifier)로 사용되고 있는 cardolite(cashewdust)를 일정량 첨가하여 습식용 마찰재의 마찰특성을 향상시키고자 하였다.

2.1.3 열경화성 수지의 선정

열경화성 수지는 습식용 마찰재의 기계적 강도, 내구성, 섬유조직의 보강재로 사용되며, 멜라민수지(melamine resin), 에폭시수지(epoxy resin) 및 페놀수지(phenol resin) 등이 있다.

일반적으로 페놀수지는 유용성과 수용성으로 구분되며, 유용성 페놀수지는 물에 불용성

이며 알콜 등 유기용매에 용해되는 반면 수용성은 pH 8~10 액성을 띠고 소량의 물과 혼합될 때는 완전 용해성을 나타내지만 점차 물의 양이 증가할수록 유상액(emulsion)을 이루는 특성을 지닌다. 또한 수용성은 현탁액 상태로 존재하므로 유용성보다 경화시간이 길며, 화재의 위험성이 없고 대기오염이 발생되지 않는 장점을 가지고 있다.

Phenol-Cashew nutshell resin(6105)의 열안정성을 조사하기 위해 TG-DTA를 이용하여 Fig.1에 표시하였다.

Fig.1에서 나타나듯이 100.9℃ 이내에서 물과 휘발분의 증발로 인한 무게감소는 약 44.5%이며, 106℃에서 흡열 peak는 cashew nutshell oil이 분해되는 점이다. 페놀수지 6105의 경화온도는 약 120℃로 일반적인 페놀수지보다 낮은 온도에서 경화되며, 반응완료 온도는 약 500℃로 70%의 무게 감소를 나타내고 있다. 따라서 본 연구에서는 열경화성 수지로 페놀수지 6105를 선정하였으며, 펄프 슬러리의 분산을 용이하게 하기 위하여 아크릴계와 셀룰로오스 계통의 분산안정제를 첨가하였다.

2.1.4 습식용 마찰재의 제조

습식용 마찰재는 펄프(크라프트펄프, 합성아라미드펄프)를 기본으로 하고 무기 충전제 및 열경화성수지 등의 각종 첨가제를 복합시켜 제조한다. 제조방법에는 초지법(장망식, 환망식)과 금형법(슬러리법)이 있는데 금형 제조방법을 택하였다. 기존의 초지시스템은 고해물질들이 폐수로 많이 유출되어 제품의 균일성이 부족하고 공정상 대량 생산이 어려우며 심각한 공해문제를 야기시키고 있다. 따라서 이러한 각종 문제점을 해결하고자 새로운 습식용 마찰재 제조공정인 금형법(mould system) 제조공정을 시도하였다. Fig.2는 습식용 마찰재의 제조공정도로서 진공장치가 장착되어 있는 금형법의 유통도이다.

금형법에 의한 습식용 마찰재의 제조공정은 다음과 같다.

1) 펄프 고해기에서 여수도(candian freeness) 450으로 고해된 크라프트 펄프와 합

성아라미드 펄프를 무게비율로 혼합하여 탈수한다.

2) 1%의 펄프 슬러리, 무기충전제, 열경화성 수지 및 결합제를 첨가하여 약 30분간 균일하게 혼합한다.

3) 균일하게 혼합된 펄프 슬러리를 금형(높이 7cm, 직경 19cm)에 넣어 온도 60~70℃, 압력 30kg/cm²의 조건으로 약 30분 동안 성형한다.

4) 성형된 습식용 마찰재를 소정의 치수로 절단하여 160~180℃의 노에서 60분간 가열 처리하여 경화시킨다.

5) 경화된 습식용 마찰재를 에폭시 접착제로 절집에 접착시킨 후 100℃, 압력 30kg/cm²의 hot press에서 10분간 성형한 후 24시간 상온에 방치하여 시료를 제조한다.

앞서 언급한 제조공정에서 사용된 무기충전제, 열경화성수지들의 각 조성변화에 따른 첨가제 구성을 Table 1에 수록하였다.

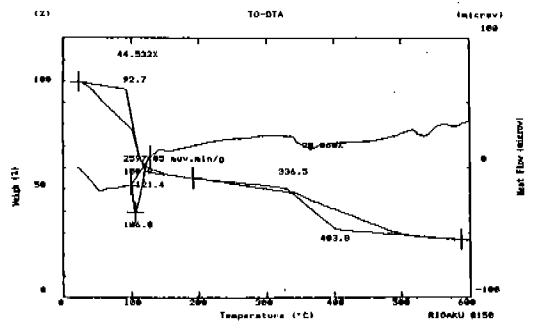


Fig.1 TG-DTA Curve of Phenol Resin(6105)

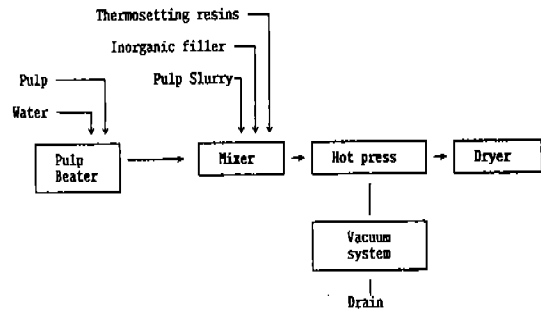


Fig.2 Flow Sheet Diagram of Wet-friction materials

Table 1 Composite formulation of Wet-friction materials

	unit : wt %						
	Kraft pulp	Almide resin	Phenol resin	Diatomite	SiO ₂	Cardolite	Zeolite
Sample 1	30	5	10	50	5	—	—
Sample 2	30	5	20	40	5	—	—
Sample 3	30	5	30	30	5	—	—
Sample 4	30	5	40	20	5	—	—
Sample 5	30	5	30	25	—	5	5
Sample 6	30	5	30	20	—	5	10
Sample 7	30	5	30	15	—	5	15
Sample 8	30	5	30	25	5	5	—
Sample 9	30	5	30	20	10	5	—
Sample 10	30	5	30	15	15	5	—

2.2 실험

2.2.1 실험장치

유중하에서 작동되는 마찰재들의 마찰특성을 조사하기 위해 면접촉 형태의 마찰, 마모 시험기(Wear and friction tester)인 cygnus (II)를 사용하였으며 실험장치는 Fig.3에 도시하였다.

시료의 마찰특성은 미끄럼 접촉시 토오크 변화를 측정하여 마찰계수로 환산하므로써 알 수 있는데, 마찰계수는 다음의 식에 의해 계산된다.

$$\mu = \frac{6.15 T}{r L}$$

여기서, μ : 마찰계수

T : 측정된 토오크

r : 회전축에서 시편까지의 반지름

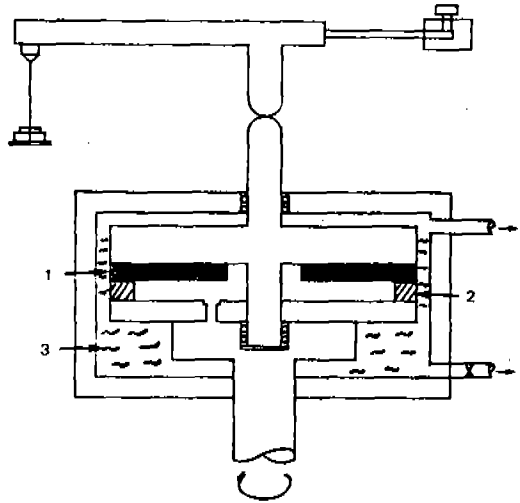
L : 하 중

2.2.2 실험방법

가) 마찰재 시료

마찰재 시료는 펄프, 열경화성 수지, 무기충전제 등으로 구성되어 있는 다공성 재료이다. 시편은 가로, 세로 10mm, 두께 0.7mm의 마찰재를 판금에 붙인 것으로, 실험은 마찰재 시료 9장을 준비하여 3장 1조로 마찰계수를 측정하였다.

시료의 전처리로서 무연가솔린으로 10분간 초음파 세척을 3회 실시하고 건조후 사용 기유(base oil)에 24시간 동안 담겨서 실험을 행하는 방법을 택하였다.



1. Counter part face
2. Wet-friction materials
3. Gear oil & Base oil

Fig.3 Geometric Diagram of Contact Assembly

나) 함침기공을

습식용 마찰재의 함침기공을 측정은 마찰재를 적정한 치수로 절단하여 유온 80~85℃에서 15시간 함침시킨 후 무게 변화로서 측정하였다.

$$\text{함침기공율}(\%) = \frac{W' - W}{W} \times 100$$

여기서, W : 함침전의 마찰재의 무게

W' : 함침후의 마찰재의 무게

다) 시료 유

마찰재 시료를 유온과 미끄럼 속도에 따른 마찰특성은 기어유(75W~85W)를 사용하여 실험하였고, 윤활유 점도에 따른 마찰특성은 첨가제를 함유하지 않은 SAE 10, 30, 50 등급의 3종류 기유를 사용하므로써 첨가제가 마찰특성에 미치는 효과를 배제하고 윤활유 점도측면에서만 조사하였다.

Fig.4는 3종류 시료유의 각 온도에 따른 점도 변화를 외삽법(ASTM D-341)⁵⁾에 의해 구한 것인데 각 시료유와 22cSt의 점도를 나타내는 온도는 각각 A: 44℃, B: 72℃, C: 97℃이고 온도 60℃를 기준할 때 각 시료유의 A: 12.8cSt, B: 35cSt, C: 90cSt이다.

라) 실험조건

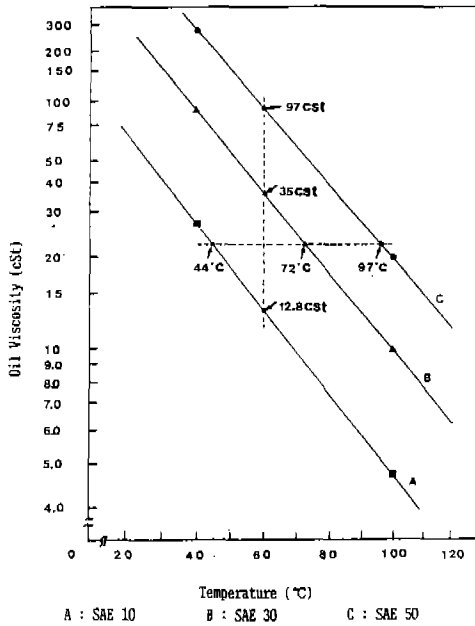


Fig.4 Effect of the Temp. On the oil viscosity
A: SAE 10 B: SAE 30 C: SAE 50

실험조건은 JIS D-4311⁴⁾에 준하였으며, 마찰재 10가지 종류에 대해 미끄럼속도 2~7m/sec, 면압 0.98MPa, 유온 40~140°C 등 조건에 따른 마찰특성을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 함침기공율 측정

본 연구에서 제조한 마찰재는 유중하에서 작동되므로 함침기공율이 마찰특성과 밀접한 관계가 있다. 마찰재를 소정의 치수로 절단하여 80°C 기어오일 및 무첨가제 기유(SAE 10, SAE 30, SAE 50) 속에서 15시간 동안 함침시킨후 무게 변화를 측정 하였다.

Table 2는 무기충전제들의 종류 및 첨가량 변화에 따라 제조된 마찰재의 함침기공율 측정결과이다.

시료 1~4는 같은 조건에서 페놀수지의 첨가량을 증가시켜 제조한 것으로, 페놀수지의 양이 증가할수록 함침기공율이 감소하였다. 그 원인은 다공질 구조인 무기물의 표면을 비

Table 2 The Porosity of Wet-friction Materials

Sample	unit:wt % Oil Absorption (wt %)
Sample 1 (Phenol Resin 10%)	98.9 %
Sample 2 (Phenol Resin 20%)	84.8 %
Sample 3 (Phenol Resin 30%)	68.6 %
Sample 4 (Phenol Resin 40%)	63.4 %
Sample 5 (Zeolite 5%, Cardolite 5%)	80.2 %
Sample 6 (Zeolite 10%, Cardolite 5%)	78.5 %
Sample 7 (Zeolite 15%, Cardolite 5%)	70.4 %
Sample 8 (SiO ₂ 5%, Cardolite 5%)	73.6 %
Sample 9 (SiO ₂ 10%, Cardolite 5%)	69.0 %
Sample 10 (SiO ₂ 15%, Cardolite 5%)	62.7 %

롯하여 셀룰로오스 섬유가 망상구조를 이룰 때 발생하는 기공 사이에 페놀수지가 코팅되므로 오일의 침투성이 감소되는 것으로 사료된다.

그리고 시료 5~10번은 지올라이트 및 실리카의 첨가량이 5wt% 이하일때에는 함침기공율이 좋으나 적정량 이상을 벗어나면 입도가 매우작은 지올라이트 및 실리카들이 오히려 기공속에 함몰되어 전체적인 기공율을 저하시킴에 따라 함침기공율은 감소된다.

3.2 마찰계수 측정

3.2.1 유온의 영향

시료 10 종류에 대해 압력 0.98 MPa, 미끄럼속도 5m/sec, 유온 40~140°C(1°C/Min)에 따른 마찰계수를 측정하였다. Fig. 5는 기어오일 유온 변화에 따른 시료 1~4의 마찰계수를 측정하여 도시한 것이다.

시료 1.2는 함침기공율이 98.9wt%와 84.8wt%인 것으로 함침기공율이 높은 것일수록 실접촉 면적(real contact area)이 증

가하게 되므로 비교적 높은 마찰계수를 나타낸다. 그림에 나타난바와 같이 유온이 증가하면서 마찰계수가 감소하는 요인은 윤활유의 점도가 저하되면서 상대적으로 전단저항이 낮아짐에 따라 윤활이 원활해지고, 아울러 온도가 높을수록 접촉부위에서 마찰열에 의해 생성된 오일 탄화물이 마찰재 표면위에 코팅되어 윤활성을 좋게 하기 때문이다.

시료 3은 비교적 마찰계수는 낮은 편이나 페놀수지 30wt%를 첨가하여 제조한 것인데, 섬유와 섬유 그리고 섬유와 무기충전제간의 결합을 강하게 함과 동시에 적절한 기공을 지니게 함으로 상대면과 마찰재 사이에 적절한 유막이 형성되어 마찰계수가 적으며, 아울러 윤활유 온도 상승에 따른 마찰계수 변화폭이 거의 없고 복합재료간의 강한 결합에 의해 비교적 마모량도 적어진다.

시료 4는 페놀수지의 첨가량이 보다 많아지면서 마찰재 표면에 과도하게 코팅되어 폐쇄형기공을 형성하므로 더욱 윤활이 용이해지고, 따라서 다른 시료에 비해 초기 마찰계수가 낮으며 윤활유 온도증가에 따라 표면면마효과가 높아지므로 마찰계수는 더욱 큰 폭으로 낮아진다.

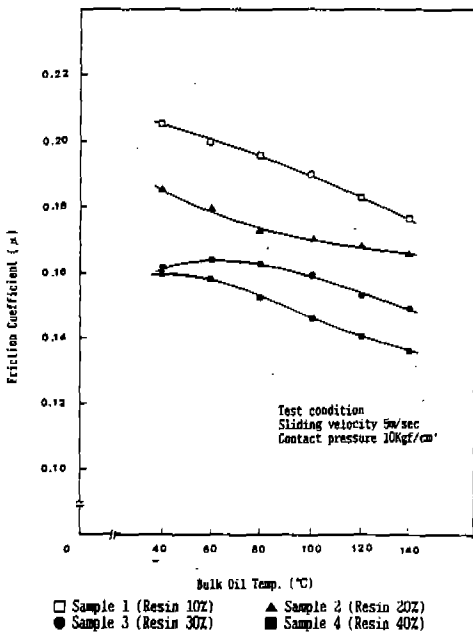


Fig.5 Effect of the Bulk Oil Temp. On the Friction Coefficient

Fig. 6은 시료 5, 6, 7의 실험결과로서 무기충전제인 지올라이트(5~15wt%)량을 변화시켰을때 유온증가에 따른 마찰계수 변화를 측정 한 것으로 마찰계수는 0.169~0.126을 나타내고 있다. 지올라이트는 모오스 경도가 약 3.5정도이고 다공질 구조물로서 오일 흡착성이 크므로 상대면과 마찰재의 접촉을 원활하게 함과 동시에 보다 원활한 윤활특성을 지닌다. 그림에 나타난바와 같이 시료 모두가 윤활유의 온도가 증가함에 따라서 앞에서와 같이 마찰계수가 저하되는 경향을 보이고 있으며, 지올라이트의 양이 증가할수록 마찰계수가 낮아지는 반면 온도증가에 따른 변화폭은 적어지는 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 시료 8,9,10의 실험결과로서 무기충전제인 실리카(5wt%~15wt%)량을 변화시켰을때 유온증가에 따라 마찰계수는 0.183~0.142를 나타내고 있다. 실리카가 첨가된 마찰재는 함침기공율이 낮은 편이나 실리카(모오스 경도 7)의 영향으로 높은 마찰계수를 나타낸다. 그림에 의하면 유온의 온도가 증가함에 따라 마찰계수 저하 현상과 실리카의 양이 증가하면서 마찰계수가 낮아지는 반면 온도증가에 따른 마찰계수 변화는 적게 나타난다.

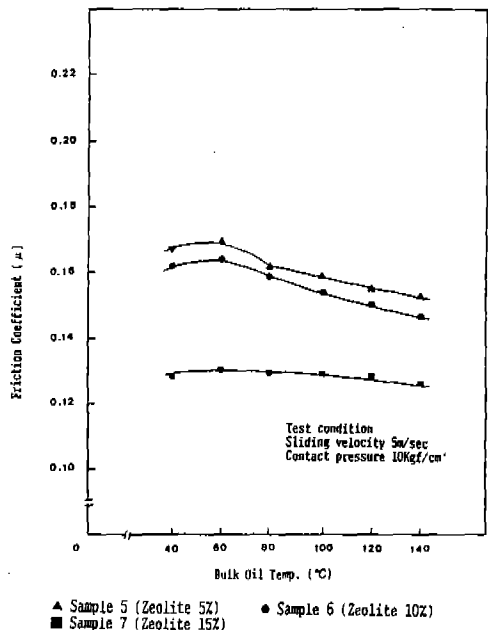


Fig.6 Effect of the Bulk Oil Temp. On the Friction Coefficient

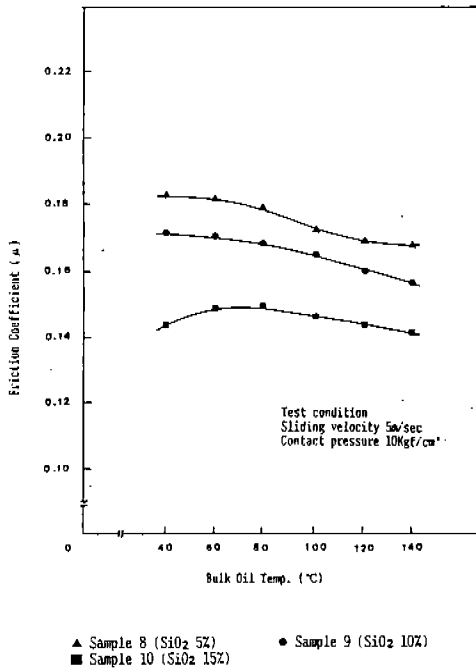


Fig. 7 Effect of the Bulk Oil Temp. On the Friction Coefficient

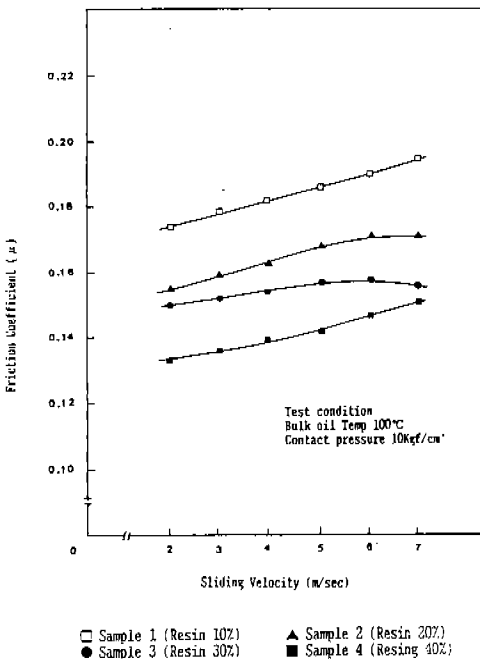


Fig. 8 Effect of the Sliding Velocity On the Friction Coefficient

3.2.2 미끄럼속도 영향

미끄럼속도 변화에 따른 마찰재들의 마찰특성을 조사하기 위해 유온 100°C, 압력 0.98 MPa의 조건하에서 미끄럼속도(2 m/sec ~ 7m/sec) 변화에 따른 마찰계수를 측정하였다.

Fig. 8은 미끄럼속도 변화에 따른 시료 1~4의 마찰계수를 측정하여 도시한 것이다. 일반적으로 속도가 증가함에 따라 마찰계수는 증가하는 추세를 보이며, 수지의 양이 증가할수록 낮은 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 속도 증가에 따라 마찰계수가 증가하는 요인은 상대면과 마찰재간에 단위시간당 돌기부(Asperity)의 접촉확률과 윤활유의 점성저항이 증대되기 때문이라 하겠다.

Fig. 9는 지올라이트 조성을 변화시키면서 미끄럼속도에 따른 마찰계수 변화를 보인 것으로 0.162~0.126 범위를 나타낸다. 전반적으로 지올라이트의 양이 증가할수록 마찰계수가 감소하는데 이는 비교적 다른 무기물에 비해 지올라이트가 부드럽고 함량이 증가할수록 미세한 입자가 셀룰로오스 망상구조 틈새 혹은 기타 다른 무기물이 이루는 기공속에 함침되면서 폐쇄기공을 만들뿐 아니라, 표면의 돌기부를 줄이고 마찰표면을 부드러운 상태로 만들어 주므로 상대적으로 윤활상태가 좋아지기 때문이다. 시료 7과 같이 15wt%의 지올라이트를 함유한 경우 다른것에 비해 그 효과가 크기 때문에 현저히 낮은 값을 지니게 되며 더우기 오일을 흡착하고 있는 무기물 즉, 지올라이트의 Soft하고 내열 및 안전성이 있는 고유 마찰특성이 다른 영향 요소에 비해 우위적으로 작용함으로써 속도가 증가함에도 불구하고 일정한 마찰계수를 유지하게 된다.

Fig. 10은 실리카의 조성을 변화시켜 실험한 결과로 미끄럼속도에 따른 마찰계수 변화는 0.181~0.144의 범위를 나타낸다.

시료 8, 9, 10의 함침기공율은 Fig. 9에 비해 낮은 편이나 모오스 경도가 7이므로 높은 마찰계수를 나타내는 주 원인이며 실리카 첨가량이 증가할수록 낮은 마찰계수를 나타내며, 미끄럼속도가 증가함에 따라 마찰계수는 증가

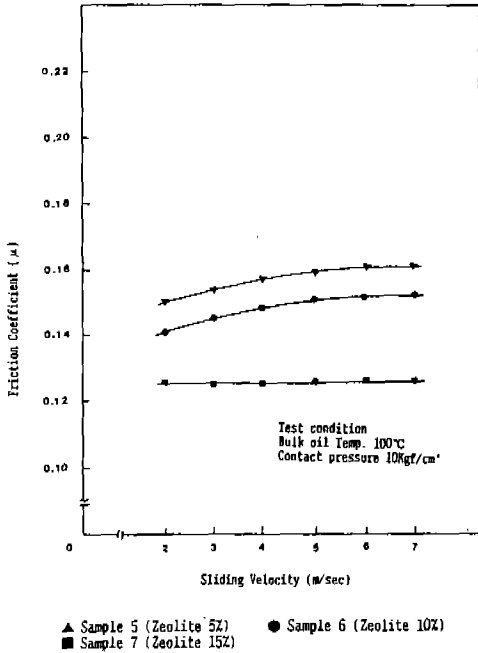


Fig.9 Effect of the Sliding Velocity On the Friction Coefficient

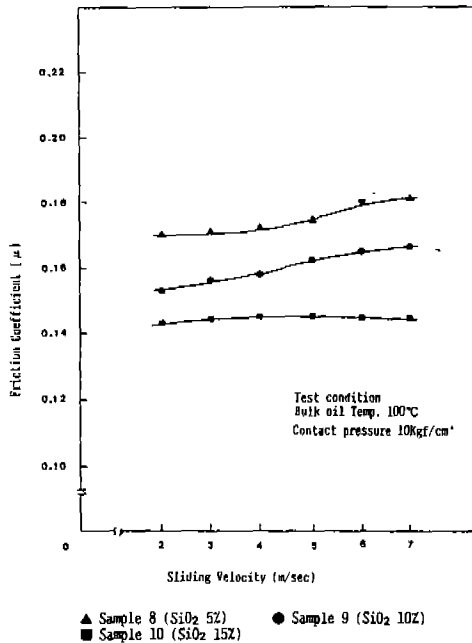


Fig.10 Effect of the Sliding Velocity On the Friction Coefficient

하는 추세를 보인다. 이는 앞에서(Fig.9) 설명한 내용과 같으며, 실리카는 다른 무기물에 비해 단단하고, 첨가량 증가에 따라 마찰로 인한 마모된 미세한 실리카 입자가 셀룰로오스 망상구조 틈새 또는 다른 무기물이 이루는 기공에 함침하여 폐쇄기공을 만들어 마찰표면의 윤활상태가 좋아지면서 마찰계수는 감소한다.

시료 10 과 같이 실리카 15wt.%를 함유한 경우는 그 효과가 크고 내열 및 안정성이 있는 고유 마찰특성이 다른 요소에 비해 우위적으로 작용하므로 속도가 증가함에도 불구하고 일정한 마찰계수를 유지하게 된다.

3.2.3 점도에 따른 미끄럼속도의 영향

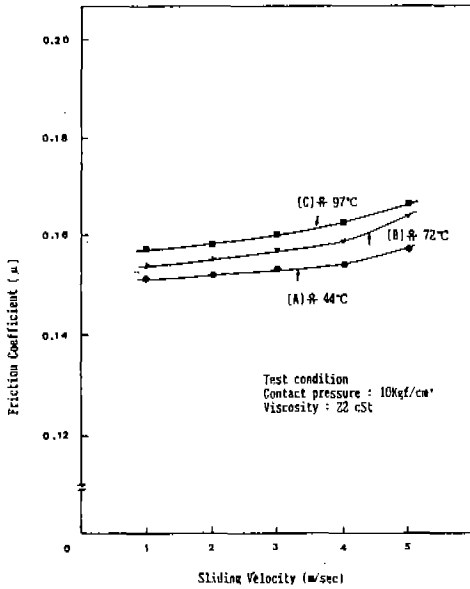
시료 10의 마찰제에 대해서 3종의 기유를 대상으로 마찰계수를 측정 한 결과는 Fig.11과 같다. 측정시 기유의 점도는 22cSt 일정하게 하였다. A,B,C는 전반적으로 미끄럼속도가 증가함에 따라 접촉부위에서의 전단저항이 커지기 때문에 마찰계수 역시 증가하는 경향을 나타내는 것으로 생각된다. Fig.11은 시료유의 점도가 모두 같은 값을 지니는 온도점에서의 마찰실험 결과이지만 기본 점도가 높은 것일수록 보다 높은 마찰계수값을 보이고 있는데, 이는 분자량의 크기와 형태등에 따른 윤활특성의 상이성 혹은 실험조건에서의 점도 변화의 차이등에 기인된 것으로 보인다.⁶⁾

Fig.12는 온도 60°C를 기준으로한 각 기유에 대한 실험결과로 점도가 높을수록 마찰계수값이 크며, 미끄럼속도가 증가함에 따라서 앞에서와 마찬가지로 전단저항의 증대원인 때문에 그 값이 점차 높아지는 경향을 보인다.

3.2.4 면압증가의 영향

마찰제 시료 10에 대한 시료유(A:ASE 10, B:SAE 30, C:SAE 50)의 온도 및 점도 차이에 따라 미끄럼속도 5m/sec 일때 면압(0.5MPa ~ 2MPa) 증가에 따른 마찰계수를 측정 하였다.

Fig. 13은 각 시료유가 점도 22cSt가 되는 온도점(A유 44°C, B유 72°C, C유 97°C)에서 면압에 따른 마찰계수의 변화를 측정 한 결과이다. 시료유 모두 면압증가에 따라 마찰계수가 급격하게 떨어지고 있다. Paper



[A] 유 : SAE 10 [B] 유 : SAE 30
[C] 유 : SAE 50

Fig.11 Effect of the Sliding Velocity On the Friction Coefficient

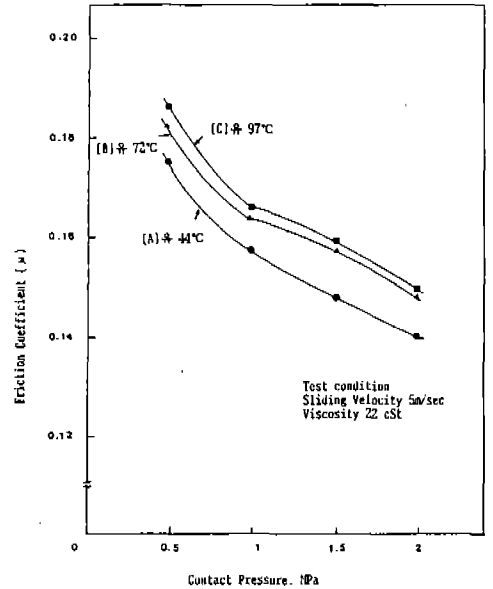
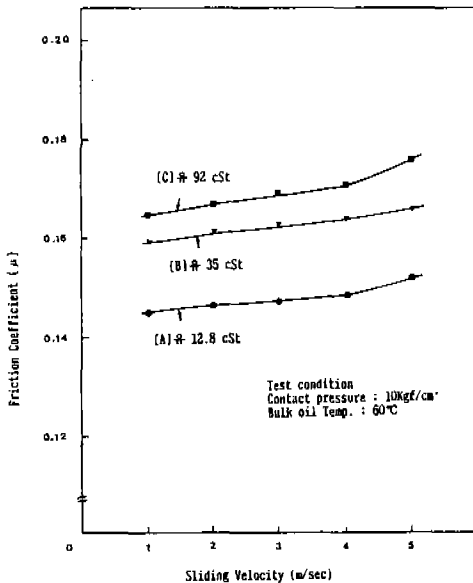


Fig.13 Effect of the Contact Pressure On the Friction Coefficient



[A] 유 : SAE 10 [B] 유 : SAE 30
[C] 유 : SAE 50

Fig.12 Effect of the Sliding Velocity On the Friction Coefficient

와 같은 개기공성 물체가 가지는 특수한 성질로서 일반금속을 포함한 dense body의 경우와는 다른 양상을 보이고 있다. 이 원인은 면압이 증가하면서 flexible한 마찰재가 압축되어 마찰재 내부에서 서로 연결되어 있는 개기공 (open pore)들이 폐쇄됨에 따라 접촉 (마찰) 부위로부터 오일의 유출이 어렵고, 오히려 폐쇄된 표면기공이 oil pot으로 작용하게 되므로 상대적으로 윤활조건이 좋아짐에 따라 급격히 감소되는 것으로 사료된다. 이는 Hironobu Ito 와 Takashi Yamamoto가 연구한 결과와 잘 일치되고 있음을 볼 수 있다.⁷⁾

4. 결 론

습식 클러치용 마찰재와 조성에 따른 마찰 특성을 규명하기 위해서 윤활유의 종류와 온도, 미끄럼속도, 면압등의 변화에 따른 마찰 특성을 검토하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 폐놀수지의 량이 증가하면서 마찰계수는 감소하였다. 그 원인은 섬유의 망상구조 틈새와 무기물의 기공부에 수지가 코팅되므로써 결국 윤활조건을 좋게 만들어 주기 때문에 마찰계수는 감소하게 된다.

(2) 지올라이트나 실리카량이 증가할수록 마찰계수는 감소하는 추세를 나타낸다. 그 원인은 무기물의 마모 미립자가 기공을 막아 윤활상태가 좋아지기 때문이다. 한편, 무기물의 함량이 높아질수록 마찰계수가 안정된 값을 유지하는 것은 마찰재 표면의 열적 안정성의 증대와 오일을 흡착하고 있는 무기물의 고유마찰 성질에 기인된 것이다.

(3) 사용된 윤활유의 점도가 높은 것일수록 미끄럼속도가 높은 범위에서 마찰계수의 상승폭이 커진다. 이는 분자의 크기와 형태등에 따른 윤활특성(전단저항)의 상이성 혹은 실 접촉 조건에서의 점도 변화의 차이등에 기인된 것으로 보여진다.

(4) 윤활유 온도가 증가하면서 표면에서의 연마효과가 증대되고 접촉부위에서 마찰열로 인해 발생된 오일 탄화물이 마찰재 표면에 코팅되어 윤활작용을 돕게 되므로 마찰계수는 감소하는 경향을 나타낸다.

(5) 미끄럼속도가 증가될수록 상대면과 마찰재간에 마찰저항(전단응력)이 커지므로 마찰계수는 커지게 되지만 지올라이트나 실리카와 같은 무기물의 량이 많아질수록 그 상승폭이 작아진다.

(6) 면압이 증가하면서 마찰계수는 급격히 감소되는 추세를 보인다. 이는 마찰재가 높은 하중에서 압축되면서 마찰재 내부에 서로 연결되어 있는 기공들이 폐쇄되어 마찰면으로부터 오일의 유출이 어렵게 되고, 아울러 표면에 폐쇄된 기공이 oil pot 으로 작용하여 윤활조건이 좋아지기 때문인 것으로 보여진다.

참 고 문 헌

- (1) SAE No. 800979 "Performance Characteristics of Non-Asbestos"
- (2) Jpn Patent 35, 530(1983).
- (3) G.A. Smook, "Hand Book for Pulp & Paper Technologists".
- (4) JIS D-4311, "Clutch Facings for Automotives."
- (5) ASTM D-341-77, "Viscosity Temperature Charts for Liquid Petroleum Products".
- (6) A. Dorinson, "Mechanics and Chemistry in Lubrication"(1985), pp. 59-101.
- (7) 山本隆司, 潤滑, 34, 9(1989), pp. 662-668.
- (8) 宮崎 衛: 潤滑, 32, 7(1987) 489.
- (9) 武居正彦, 他: 日本潤滑學會 第31期 春季研究發表子稿集(1987) 353.
- (10) 山本隆司, 他: 日本潤滑學會 第31期 全國大會子稿集(1986) 409.