

## 육티탄산칼륨이 함유된 고무복합체

박 종 일 · 강 동 현\* · 강 석 춘\*\* · 정 경 호 · 홍 영 근†

수원대학교 고분자공학과, \*전자재료공학과, \*\*기계공학과  
(2000년 6월 21일 접수)

### $K_2Ti_6O_{13}$ -filled Rubber Composite

Jong-Il Park, Dong-Heon Kang\*, Suck-Choon Kang\*\*, Kyung-Ho Chung and Young-Keun Hong†

Dept. of Polym. Eng., Univ. of Suwon, Suwon 440-600, Korea

\*Dept. of Electro. Mat. Eng., \*\*Dept. of Mech. Eng.

(Received June 21, 2000)

요약: 석면대체용으로 육티탄산칼륨( $K_2Ti_6O_{13}$ )을 합성하고, 이를 사용하여 새로운 형태의 비석면계 자동차용 마찰재를 개발하고자, 마찰재 매트릭스의 조성 및 물성 최적화와 육티탄산칼륨이 고무복합체에 어떠한 특성을 부여하는지에 대해 조사하였다. 원하는 침상형태의 육티탄산칼륨은 KCl 염을 단독으로 하고  $K_2CO_3$ 를 과량으로 첨가하여 합성하였을 때 안정하게 얻을 수 있었다. 또한, 적절한 마찰재로서의 성능을 얻기 위해서는 육티탄산칼륨은 실란커플링제로 표면 처리하여 매트릭스 고무와의 계면접착력을 향상시키고, 10 phr의 에폭시 수지를 첨가하여야 함을 알 수 있었다.

**ABSTRACT** : For the purpose of developing a new type of frictional material using scrap rubber in which rubber makes continuous phase, potassium titanate( $K_2Ti_6O_{13}$ ) was synthesized and added to rubber matrix. Needle-typed  $K_2Ti_6O_{13}$  powders were obtained through the flux method using KCl salt and excess  $K_2CO_3$ . It was also found that the powders should be surface-treated to enhance adhesion and 10 phr of epoxy be added for the physical properties of the rubber composite.

*Keywords* : potassium titanate, scrap rubber, rubber composite, frictional material.

### I. 서 론

육티탄산칼륨( $K_2Ti_6O_{13}$ )은 인조광물로서 구조적으로 매우 안정하며 기계적인 강도와 수지와 의 혼합성이 우수하고 1370 °C 근처의 높은 용융점을 갖고 있으므로 열저항 및 단열재, 필터

재료, 내알칼리 재료, 촉매기질 재료, 보강재, 마찰재 등의 많은 용도를 갖는다.<sup>1</sup> 특히 기존의 자동차 브레이크용 마찰재로 사용되고 있는 석면(asbestos)이 최근 환경 및 인체에 유해하다고 판명됨에 따라 국외는 물론 국내에서도 사용이 규제될 전망이며 이에 대한 대체물질로 육티탄산칼륨이 가장 주목받고 있다.<sup>2-4</sup> 이러한 육티탄산칼륨의 마찰재로서의 응용에는, 적절한

† 대표저자(e-mail : ykhong@mail.suwon.ac.kr)

매트릭스 선택과 더불어 정확한 조성( $K_2CO_3 : TiO_2 = 1 : 6$ )과 whisker 형태를 갖는 육티탄산칼륨의 제조가 관건이다.<sup>5</sup>

현재까지 섬유상을 갖는 육티탄산칼륨의 합성방법으로는 소성법 (calcination method), 용융법 (melting method), 서냉법 (slow cooling method), 수열법 (hydrothermal method) 및 용제법 (flux method) 등이 있다.<sup>6</sup> 이 가운데 비교적 공정이 단순하고 대량생산이 용이한 방법은 소성법과 용제법이다. 소성법은  $TiO_2$ 와  $K_2CO_3$ 의 혼합물을 고체상 반응으로 일정시간 동안 일정온도에서 소성하여 합성하는 방법으로서 연속조업에 사용되어질 수 있고 대량생산에 적합하다. 그러나 높은 반응온도에 따른 응집, potassium의 휘발 등의 영향과 재분쇄 문제에 기인하여 긴 섬유상이 얻어지기 어렵다는 단점이 있다.<sup>7</sup> 용제법은 현재 사용된 용제종류에 따라 여러 형태가 제안되어 KCl, KCl-KF계,  $K_2O-B_2O_3$ 계,  $PbO-Bi_2O_3$ 계,  $K_2CO_3-V_2O_5$ 계,  $K_2CO_3-K_4P_2O_7$ 계,  $PbO-K_4P_2O_7$ 계,  $K_2O-MoO_3$ 계,  $K_2O-WO_3$ 계 등이 있다.<sup>8,9</sup> 이와 같은 용제법은 장섬유를 얻을 수 있는 방법이며 또한 용제의 양을 조절함으로써 육티탄산칼륨만의 단상이 얻어지게 되며 그 수율을 높일 수 있는 장점이 있으나 합성후 10시간 이상의 비등수 처리공정, 정밀한 승온/냉각 온도제어를 비롯하여 추가적인 용제의 비용이 필요하다는 단점이 있다. 그러나 합성공정이나 후공정을 보다 단순화시킬 수 있거나 용제의 분리 및 회수가 해결된다면 용제법은 가장 좋은 생산방법이 될 것이다. 특히, 최근까지의 연구는 마찰개질용 육티탄산칼륨 자체 연구에만 치중되어 있고 실제 브레이크라이닝 등의 제조에 응용하기 위한 연구는 거의 없는 실정이므로, 마찰개질재와 매트릭스와의 복합화 연구는 매우 중요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 소성법과 용제법을 이용하여 육티탄산칼륨 섬유를 합성하고 이를 석면의 대

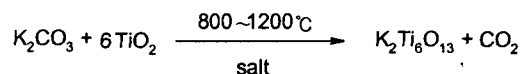
체물질로서 자동차용 브레이크라이닝 제조에 사용하고자 대표적인 환경유해 물질인 페타이어 분말을 매트릭스로 하는 고무 혼합물에 혼합시켜 육티탄산칼륨 섬유가 함유된 고무 복합체의 마찰재 재질로서의 가능성에 관련된 기초 연구를 수행하였다.

## II. 실험

### 1. 육티탄산칼륨의 합성

육티탄산칼륨의 합성을 위해 탄산칼륨 ( $K_2CO_3$ ), 이산화티타늄( $TiO_2$ ) 그리고 염으로 염화칼륨(KCl), KCl-NaCl(공용조성),  $Li_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $Li_2SO_4-Na_2SO_4$  시판용 1급시약을 사용하였다. 고상반응의 경우에는  $K_2CO_3$ ,  $TiO_2$ 만을, 용제법의 경우에는  $K_2CO_3$ ,  $TiO_2$  분말 및 동량 ( $K_2CO_3+TiO_2$ )의 염을 취하여 이를 에탄올이 담겨 있는 테프론 용기에 mixing용 zirconia ball과 함께 넣고 mill에서 20시간 동안 혼합한 후 오븐(200 °C)에서 10시간 동안 건조시켰다. 그 후 전기로에서 alumina crucible에 담아 시간당 200 °C ~ 300 °C의 가열속도로 800 °C ~ 1200 °C에서 2~10시간동안 반응시켰다. 용제를 이용한 경우, 합성된 물질은  $AgNO_3$ 로 Cl의 잔존을 확인하면서 Cl이 없어질 때까지 증류수로 세척, 여과하였다. 여과된 물질을 다시 12시간 동안 오븐(200 °C)에서 건조시킨 다음 2시간 동안 motor grinder로 분쇄시켜 사용하였다.

이에 따른 합성반응식을 표기하면 다음과 같다.



특성분석은 X-ray 회절기(Rigaku D/MAX 2C,  $CuK\alpha$ , Ni filter)와 SEM(JEOL, JSM 520)으로

각각 얻어진 분말의 결정성과 형태를 조사하였다.

### 2. 고무복합체의 매트릭스

혼합기에서 페타이어분말(약 20mesh, 한국자원재생공사 공급)에 sulfur, dibenzothiazyl disulfide, zinc oxide, stearic acid 등을 혼합한 후 소량의 페타이어분말 결합제를 투하하여 복합체의 매트릭스로 사용될 전처리된 고무를 준비하였다. 첨가제의 양 및 결합제의 종류는 know-how로서 현재 특허출원중이기 때문에 본 논문에는 표기하지 않았다.

마찰개질제로 사용되는 육티탄산칼륨은 이상의 전처리된 고무혼합물에 5~20 phr씩 각각 혼합하여 최종혼합물을 조성하였다. 또한 마모 특성 향상을 위해 에폭시 수지를 각 조성에 10 phr 첨가한 혼합물도 준비하여 비교하였다.

### 3. 고무매트릭스 물성

매트릭스 조성에 따른 각 혼합물들의 경화기 등은 고무 레오메터(Gotech, Taiwan)를 이용하여 160 °C에서 측정하였고, 측정된 경화시간에 따라 프레스에서 압축성형하여 인장, 인열 및 마모 시편들을 얻었다.

매트릭스의 인장 및 인열 특성은 KS M6518 가황고무 물리시험 방법에 따라 시편을 준비한 후 만능시험기(LLOYD, 50K)를 사용하여 상온과 500 mm/min의 crosshead speed 조건으로 측정하였다. 각 물성은 최소 5개의 시편을 측정 후 평균값을 취하였다.

시편의 마모시험은 KS M6624에 의거하여 시편을 준비한후 Akron Type 고무마모시험기를 사용하여 측정하였다. 마모지수는 식(1)에 의하여 계산하였다.

$$A_t = \frac{w_0}{(w_0 - w_1) \cdot d} \quad (1)$$

$A_t$  : 마모지수

$w_0$  : 시험편의 최초중량

$w_1$  : 시험편의 마모후의 중량

$d$  : 시험편의 비중

## III. 결과 및 고찰

### 1. 육티탄산칼륨의 합성

#### 1.1 소성법(고상반응)

탄산칼륨과 이산화티타늄의 몰비를 1 : 6로 하여 1000 °C에서 4시간 동안, 그리고 1100 °C에서 2, 4, 6, 40시간 동안 반응시켰다. 또한 과량의 탄산칼륨(5 wt%)을 첨가한 경우에는 1100 °C에서 1, 4시간 동안 반응시켰다. 몰비 1 : 6의 반응에서, 1000 °C의 경우 결정성이 강도(I/I<sub>0</sub>) 250미만으로 매우 낮았다. 그러나 1100 °C의 경우 결정성이 반응시간에 따라 증가하여 4시간 이상에서는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 거의 일정하였으며 monoclinic 구조(a=15.55 Å, b=3.80 Å, c=9.11 Å)가 확인되었다. 과량의 탄산칼륨 첨가 반응에서, 탄산칼륨을 5 wt% 더 첨가함에 따라 결정성이 강도 500 이상으로 증가하였으며 구조의 변화나 다른 상의 석출현상은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 XRD 분석 범위 내에서 거의 보이지 않았다.

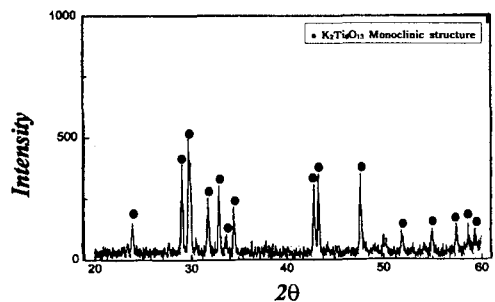


Fig. 1. XRD pattern of  $K_2Ti_6O_{13}$  powder calcined at 1100°C for 4 hrs.

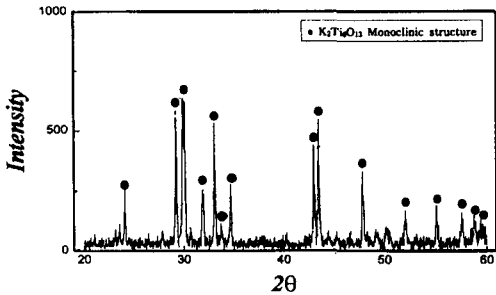


Fig. 2. XRD pattern of  $K_2Ti_6O_{13}$  powder with 5 wt% excess  $K_2CO_3$  calcined at  $1100^\circ C$  for 4 hrs.

육티탄산칼륨 구조를 나타낸 조건에 대한 분말 SEM 사진을 관찰한 결과,  $1000^\circ C$ 의 경우 분말의 길이는  $1\sim 2\ \mu m$ , 두께는  $1\ \mu m$  정도의 매우 얇은 형태였으나 Fig. 3에 나타난 바와 같이 온도가  $1100^\circ C$ 로 증가함에 따라 약간 길어지는 경향을 나타내었다. 또한  $1100^\circ C$ 에서 반응시간을 40시간까지 늘린 경우에는 응집현상이 심화되었다. 반면에, 탄산칼륨을 5 wt% 정도 과량 첨가한 경우에는 분말의 길이가 더욱 증가되는 현상이 확인되었다(Fig. 4). 따라서 육티탄산칼륨 분말의 결정구조는 조성에 따라  $1100^\circ C$  또는 그 이상에서 4시간 정도 하소함에 따라 합성될 수 있음을 알 수 있으나 본 연구의 또 다른 주요 목표인 침상 형태가 요구되는 형상 문제는 단순한 고상반응으로는 합성하기가 어

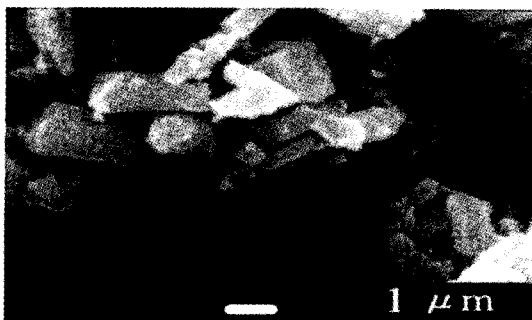


Fig. 3. SEM photograph of  $K_2Ti_6O_{13}$  powder calcined at  $1100^\circ C$  for 4 hrs.

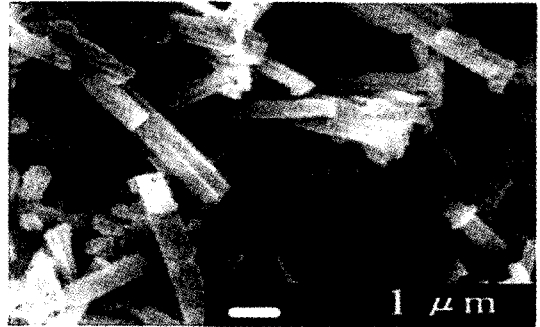


Fig. 4. SEM photograph of  $K_2Ti_6O_{13}$  powder with 5 wt% excess  $K_2CO_3$  calcined at  $1100^\circ C$  for 4 hrs.

려움을 알 수 있었다. 또한 potassium 휘발이나 eutectic melting을 예상하여 첨가한  $K_2CO_3$  과량 조성의 경우  $K_2CO_3$  첨가에 따라 형상이 약간 길어지는 경향을 나타내었으나 아직 원하는 aspect ratio를 얻지 못하였다. Fujiki등<sup>10</sup>은 육티탄산칼륨 합성시, potassium 휘발에 기인되어 팔티탄산칼륨( $K_2Ti_8O_{17}$ ) 조성, 즉 Ti rich 쪽으로 이동되어 침상형태를 얻기가 더욱 어렵다고 보고한 바 있다. 따라서 유전체, 자성체 분말 등의 합성<sup>11</sup>시 이형분말 제조에 응용되어온 용융법에 의한 합성(용제법)을 시도하였다.

### 1.2 용제법(용융반응)

원료( $K_2CO_3+TiO_2$ , 몰비 1 : 6)에 같은 무게의 KCl 염을 첨가하여 일반 고상법에 비해 저온인  $800^\circ C$ 에서부터  $1200^\circ C$ 까지 2~10시간 동안 반응시키고 세척한 후 건조하였다.  $900^\circ C$  이상에서부터 육티탄산칼륨 상이 합성되었으며 Fig. 5에 나타난 바와 같이  $1000^\circ C$ 에서 그 이하의 온도에서 보다 뚜렷한 강도증가를 나타내었다. 반면 KCl-NaCl(몰비 1 : 1)을 첨가하여  $800^\circ C\sim 1200^\circ C$ 에서 2~10시간 동안 합성시에는 염의 용융점이 육티탄산칼륨 합성온도에 비해 상대적으로 너무 낮은 온도인  $650^\circ C$  정도임에 기인하여 충분한 반응유도가 어려웠다. 또한 동량의  $Li_2SO_4/Na_2SO_4$  (0.635 : 0.365)을 첨가하여

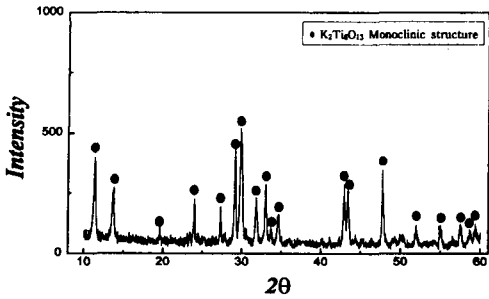


Fig. 5. XRD pattern of KCl modified  $K_2Ti_6O_{13}$  powder calcined at  $1100^\circ C$  for 2 hrs.

800 °C ~ 1200 °C에서 2~10시간 동안 합성시에도 염의 용융점이 594 °C정도인 관계로 충분한 반응이 유도되지 않았다.

용제법에 대한 과량의  $K_2CO_3$  효과를 보고자 가장 안정된 상 형성 효과를 보였던 KCl 염을 단독으로 사용하고 5 wt%  $K_2CO_3$ 를 첨가하여 800 °C ~ 1200 °C에서 2~10시간 동안 합성한 결과, 900 °C 이상에서 부터 육티탄산칼륨 상이 합성되어 1000 °C, 2시간 조건에서는 뚜렷한 강도증진 효과를 나타내었다(Fig. 6).

SEM을 이용하여 분말형태를 조사한 결과, 원료와 동량의 KCl염을 첨가하여 반응시킨 경우 900 °C 이상에서부터 침상(needle-like)이 확인되었으며 1000 °C에서 2시간 반응시 그 침상은 보다 뚜렷해졌다(Fig. 7). 그러나 4시간 이후에

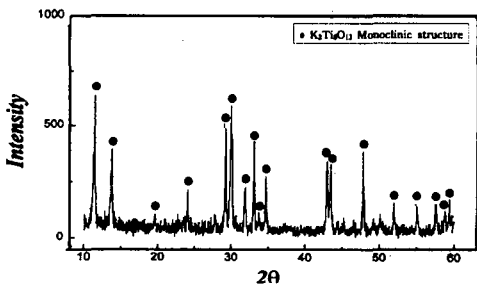


Fig. 6. XRD pattern of KCl modified  $K_2Ti_6O_{13}$  powder calcined at  $1000^\circ C$  for 2 hrs with 5 wt% excess  $K_2CO_3$ .

는 반응시간 증대에 따라 침상은 서로 응집하는 현상을 나타내었다.

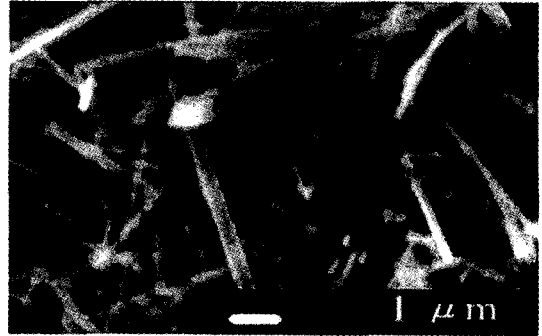


Fig. 7. SEM photograph of KCl modified  $K_2Ti_6O_{13}$  powder calcined at  $1000^\circ C$  for 2 hrs.

KCl을 단독으로 사용하고 과량의  $K_2CO_3$ 를 첨가한 경우 900 °C 이상에서 매우 확연한 침상이 나타났으며 1000 °C에서 보다 안정되며 aspect ratio가 약 100(길이: 10~12 μm, 두께: 0.1~0.2 μm) 정도인 우수한 침상형태(Fig. 8)가 얻어짐을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 KCl 용융염을 사용하고 5 wt%  $K_2CO_3$ 를 함유하여 1000 °C, 2시간 동안 합성한 육티탄산칼륨 분말을 마찰개질재로 사용하였다.

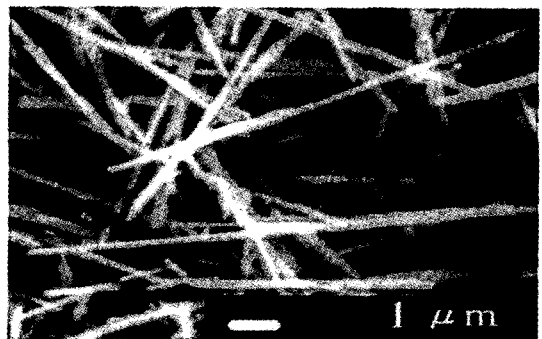


Fig. 8. SEM photograph of KCl modified  $K_2Ti_6O_{13}$  powder with 5 wt% excess  $K_2CO_3$  calcined at  $1100^\circ C$  for 2 hrs.

2. 매트릭스의 특성

2.1 육티탄산칼륨이 매트릭스고무 가교특성에 미치는 영향

육티탄산칼륨 첨가에 따른 160 °C에서의 매트릭스고무의 가교특성을 Table 1에 정리하였다. Table 1에 나타난 바와 같이 육티탄산칼륨 첨가량에 따른 최대토크와 최소토크의 차이가 거의 없는 것으로 보아 육티탄산칼륨은 매트릭스고무의 가교특성, 즉 가교도에는 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 또한 scorch time 역시 거의 일정하였고 다만 육티탄산칼륨 첨가량이 증가함에 따라  $t_{90}$ 이 다소 감소하였는데 이는 아마도 육티탄산칼륨이 매트릭스고무의 성형온도(160 °C)에서 활성화되어 가교속도에 다소 영향을 미쳤다고 사료된다.

Table 1. Cure Properties of Matrix Rubber with  $K_2Ti_6O_{13}$

KTiO(phr)	0	5	10	15	20
Properties					
$M_L$ (kgf-cm)	8	9	10	10	7
$M_R$ (kgf-cm)	38	39	39	39	35
$t_{s2}$ (min)	0.38	0.41	0.39	0.39	0.40
$t_{90}$ (min)	1.46	1.47	1.40	1.38	1.12

2.2 육티탄산칼륨 첨가에 따른 매트릭스고무의 기계적 성질

고무복합체의 매트릭스를 이루는 페타이어분말에 분산되어 있는 육티탄산칼륨의 양이 매트릭스고무 물성에 미치는 영향을 조사하였고 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9에 나타낸 바와 같이 육티탄산칼륨을 그대로 첨가하였을 경우 첨가량이 10 phr에서 30 phr로 증가함에 따라 매트릭스고무의 인장강도 및 신장율은 감소하였다. 그 이유는 매트릭스고무와 육티탄산칼륨간의 계면결합력이 부족하여 계면에서의

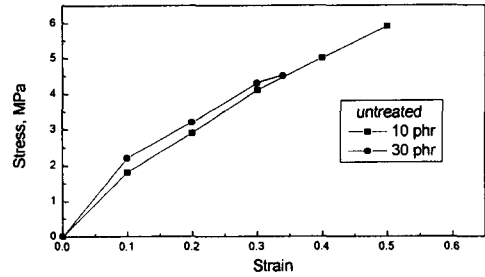


Fig. 9. Tensile properties of matrix rubber with different amounts of untreated  $K_2Ti_6O_{13}$ .

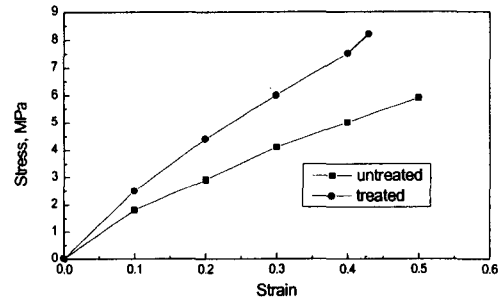


Fig. 10. Tensile properties of matrix rubber with silane-treated  $K_2Ti_6O_{13}$  (10 phr).

접착이 잘 형성되지 않기 때문일 것이다. 더 많은 양의 육티탄산칼륨이 첨가될수록 더욱 많은 weak boundary layer가 형성되어 전체 매트릭스고무의 인장강도 감소가 초래되었다. 그러나 육티탄산칼륨에 실란커플링제를 처리하여 실험한 결과 Fig. 10에 나타난 바와 같이 매트릭스고무의 인장강도는 증가되었다. 따라서 충전제( $K_2Ti_6O_{13}$ )와 매트릭스고무간의 계면결합력은 최종 물성에 영향을 미치는 중요한 인자임을 알 수 있었다.

Einstein, Guth, Gold의 이론<sup>12</sup>에 의하면 매트릭스에 충전제가 첨가되면 식(2)에 나타난 바와 같이 충전제의 부피분율에 따라 모듈러스가 증가한다.

$$E_f = E_u(1 + 2.5c + 14.1 c^2) \quad (2)$$

$E_f$  : modulus of filled system  
 $E_u$  : modulus of unfilled system  
 $c$  : volume fraction of filler

실란커플링제로 처리된 육티탄산칼륨 첨가에 따라 측정된 매트릭스고무의 secant modulus와 식(2)에 따라 계산된 이론치를 Table 2에 나타내었다. Table 2에 나타난 바와 같이 티탄산칼륨 첨가에 따른 모듈러스의 증가는 이론식과 거의 일치하였다.

육티탄산칼륨 첨가에 따른 매트릭스의 인열 특성을 Fig. 11에 나타내었다. 육티탄산칼륨을 5 phr 이상 첨가함에 따라 인열강도는 계속하여 조금씩 감소하였다. 이는 앞에서 언급한 바와

Table 2. Secant and Theoretical Modulus of Matrix with the Volume Fraction of  $K_2Ti_6O_{13}$

Amounts of $K_2Ti_6O_{13}$ (phr)	Volume Fraction of $K_2Ti_6O_{13}$	Secant Modulus (MPa)	Theoretical Modulus (MPa)
0	0	15.12	15.12
5	1.12	16.98	16.83
10	1.29	19.21	19.39
15	1.50	21.24	22.55
20	1.69	22.01	25.38

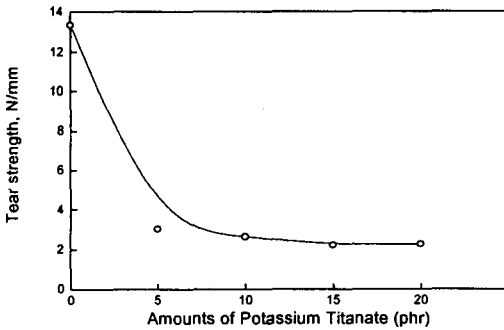


Fig. 11. Tear strength of matrix rubber with  $K_2Ti_6O_{13}$ .

같이 육티탄산칼륨 표면과 매트릭스고무 계면에서 결합력의 부족으로 모든 계면이 weak boundary layer로 작용하였기 때문일 것이다. 이로 미루어 보아 육티탄산칼륨의 표면개질이 매트릭스고무의 기계적 물성 향상에 필수적임을 알 수 있었다.

### 2.3 육티탄산칼륨이 매트릭스고무 마모특성에 미치는 영향

육티탄산칼륨의 첨가에 따른 마모지수의 변화를 Table 3에 정리하였다. Table 3에 나타난 바와 같이 매트릭스고무보다 비중이 큰 육티탄산칼륨을 첨가함에 따라 매트릭스의 비중은 증가하였지만, 앞에서의 결과와 유사하게 육티탄산칼륨 첨가량이 증가할수록 마모특성 역시 감소하였다. 따라서, 마모특성 향상을 위해서는 육티탄산칼륨의 표면처리와 더불어 매트릭스의 강인화가 필요함을 알 수 있었다. 매트릭스 강인화를 위한 방법으로 에폭시 수지를 매트릭스

Table 3. Abrasion Index of Matrix Rubber with  $K_2Ti_6O_{13}$

Amounts of $K_2Ti_6O_{13}$ (phr)	Density (g/cc)	Abrasion Index
0	1.214	29.28
5	1.240	23.79
10	1.267	14.09
15	1.287	6.43

Table 4. Abrasion Index of Epoxy Modified Matrix Rubber with  $K_2Ti_6O_{13}$

Amounts of $K_2Ti_6O_{13}$ (phr)	Density (g/cc)	Abrasion Index
0	1.180	55.51
5	1.188	51.84
10	1.189	47.92
15	1.196	45.36

고무 기준 10 phr 첨가하여 이의 영향을 조사하였고 그 결과를 Table 4에 나타내었다. Table 4에 나타난 바와 같이 육티탄산칼륨의 양이 증가할수록 마모지수는 감소하지만 에폭시 수지로 매트릭스를 변화시키면 마모지수는 상대적으로 크게 증가되었다. 따라서, 페타이어분말과 육티탄산칼륨을 마찰재로 사용하기 위해서는 육티탄산칼륨의 표면처리에 의한 매트릭스고무와의 결합력 향상과 더불어 소량의 에폭시와 같은 강인한 수지의 첨가가 필수적임을 알 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 석면 대체용으로 고려되고 있는 육티탄산칼륨을 합성하고 이를 마찰재로 사용하여 보고자 페타이어분말을 매트릭스로 하는 복합체에 첨가하여 마찰재로서의 기본 물성을 조사하였다.

육티탄산칼륨의 경우, KCl 염을 원료분말과 동량으로 사용하고 5 wt% 과량  $K_2CO_3$ 을 첨가하여 기존의 보고된 온도보다 낮은 1000 °C에서 2시간 합성(하소 및 수세)함으로써 길이 10~12  $\mu m$ , 지름 0.1~0.2  $\mu m$  (aspect ratio 약 100)인 원하는 침상형태의 육티탄산칼륨을 얻을 수 있었다. 마찰개질제로 육티탄산칼륨을 응용하기 위해서는 육티탄산칼륨의 크기 및 형태도 중요하지만 무엇보다도 실란커플링제로 육티탄산칼륨을 표면처리하여 매트릭스고무와의 계면접착력 향상이 필요하고, 마모성능 향상을 위해서는 페타이어분말 자체만을 사용하기 보다는 에폭시와 같은 강인화 수지로 매트

릭스를 변화시켜야 함을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 지원(1997년)에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. E. K. Belyaev, N. M. Panasenko, and V. M. Tomenko, *Inorg. Mater.*, **10**, 395 (1974).
2. F. Muto, T. Nakagome, and S. Take, *Yogyo Kyota Shi*, **86**, 443 (1978).
3. K. L. Berry, U. S. Patent 2841470 (1958).
4. A. Watanabe and N. Takechi, U. S. Patent 4732749 (1988).
5. V. P. Shaporev, *Inorganic Materials*, **28**(5), 815 (1992).
6. A. J. Easteal, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **35**, 3956 (1973).
7. N. Ohta and Y. Fujiki, *Yogyo Kyoka Shi*, **89**(3), 134 (1981).
8. A. J. Easteal, *J. Mat. Sci.*, **8**, 1171 (1973).
9. C. T. Lee, U. S. Choi, and Y. M. Kim, *J. of Kor. Ind. & Eng. Chem.*, **5**, 160 (1994).
10. Y. Fujiki and T. Mitsuhashi, *Ceramics*, **19**, 200 (1984).
11. K. H. Yoon, Y. S. Cho, and D. H. Kang, *J. Mat. Sci.*, **33**, 2977 (1998).
12. F. R. Eirich, "Science and Technology of Rubber", Academic Press, NY, p. 350, 1992.