

# ABOw/AC4CH의 바인더 종류에 따른 파괴인성 및 미끄럼마모 특성

정재욱\*\* · 최용범\*\* · 박원조\* · 이광영\*

\*경상대학교 기계항공공학부

\*\*경상대학교 대학원

## Fracture Toughness and Sliding Wear Properties of ABOw/AC4CH by Binder Additives

JAE-WOOK JUNG\*\*, YONG-BUM CHOI\*\*, WON-JO PARK\* AND KWUNG-YOUNG LEE\*

\*School of Mechanical & Aerospace Engineering Gyeongsang National Univ., Tongyeong Kyeonam, 650-160, Korea.

\*\*Graduate School Gyeongsang National Univ., Tongyeong Kyeonam, 650-160, Korea.

**KEY WORDS:** Metal Matrix composites 금속기 복합재료, Squeeze Casting 가압단조, Inorganic Binder 무기바인더, Fracture toughness 파괴인성.

**ABSTRACT:** Metal matrix composites have a great interest in recent years because high specific strength, high specific stiffness characteristics, and application ranges of the composites are extend to variety industry. In this paper, an investigation was performed on the plane strain fracture toughness and sliding wear properties of AC4CH alloy(Al-Si-Mg line) reinforced with 20wt% aluminum borate whisker expect one, which contained a inorganic binder(TiO<sub>2</sub>). the binder led to the formation of strengthen the whisker each other. The test of fracture toughness was using CT(half size) specimen of thickness 12.5mm, width 25mm. and test of sliding wear of using tribo a pin-on-disk machine and lubricant is used without paraffine 8.2CST at room temperature. As results, Fracture toughness K<sub>IC</sub> is 8.7MPa·m<sup>0.5</sup> for ABOw/AC4CH, 9.28MPa·m<sup>0.5</sup> for ABOw/AC4CH added TiO<sub>2</sub>, but AC4CH alloy was violated the critical stipulated by ASTM standard for valid measurement of K<sub>IC</sub>. In case of, it was performed J<sub>IC</sub> test instead of K<sub>IC</sub> based on ASTM E 1820.

### 1. 서 론

최근 산업이 발달함에 따라 경량, 고강도의 우수한 소재 개발이 요구되고 있으며 또한 많은 연구자들에 의해 연구되고 있다. 그 중 금속재료에 세라믹 섬유나 분말, 휘스커 등으로 강화하여 재료의 강도 및 강성을 보완하고자 하는 연구가 활발히 연구되고 있다(박익민 외, 1991).

특히 금속기 복합재료는 우주항공 분야에서 광범위하게 실용화되고 있으며, 비강도, 내열성, 내마모성 및 내구성 등의 기계적 특성이 우수하여 자동차 부품으로 엔진부와 구동축, 브레이크 시스템에도 사용되고 있으며 항공기 부품으로도 활용되고 있다(落合蔭郎외, 1988). 사용되는 강화재료는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC, graphite, ceramic, Aluminum borate whisker(알루미늄 보레이트 휘스커)등이 사용되고 있으며, 기지재는 강화재의 사이에서 응력을 전달하며, 기계적인 마모로부터 강화재를 보호하는 역할을 한다. 기지재의 종류로는 고분자 재료, 알루미늄, 마그네슘, 티타늄 등의 금속재료와 SiC 등의 세라믹 재료가 널리 활용되고 있다.

현재에는 소재개발기술의 발전으로 취약했던 여러 가지 기계적 성질이 보완되어 그 응용폭이 넓어지고 있으며 성

능이 향상된 강화섬유와 기지재가 개발되어 고기능성을 가진 복합소재가 연구되고 있으며, 경제적인 성형 및 제작 기법에 많은 관심을 기울이고 있다. 특히 가압단조법(B. F. Quigley 등, 1990)은 강화재를 예비성형체로 제조한 후, 용융기지재를 함침(infiltration)시켜 성형하는 방법으로 주조와 단조를 동시에 병행할 수 있어서 제조방법이 간단하여 단시간 내에 정밀정형부품을 제조할 수 있으며 강화재와 기지재간의 결합력을 향상시켜 치밀한 미세조직을 얻을 수 있다. 그리고 제조시간이 짧아 보강섬유와 기지재간의 화학반응이 적으며 기존의 다이캐스팅 공정과 흡사하여 생산현장에서 응용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 near-net shape로 대량생산할 수 있는 장점이 있어 실용적인 측면에서 가장 효율적이라 할 수 있다(박익민 외, 1996). 그러나 이러한 소재개발 및 복합재료의 제조공정의 기술개발에만 치우쳐 이들을 구조물에 적용하는데 안전설계의 필수조건인 파괴인성치와 기계부품으로서 직접적인 마찰을 받는 재료의 내마모성에 관한 연구는 미흡한 실정(오홍석외, 2000)이다. 실제 금속기 복합재료가 자동차나 항공기의 경량화에 요구되는 필수부품으로 응용되어 과대하중을 받거나 반복하중을 받아 파괴의 양상을 보이게 됨을 볼 때 그 중요성은 더욱 절실하다고 하겠다. 또한 복합재료의 경우, 기지재에 비해 높은 경도 및 우수한 내마모성을 가지기 때문에 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다.

제1저자 박원조 연락처: 경남 통영시 인평동 445번지  
055-640-3183 wjpark@nongae.gsnu.ac.kr

따라서, 본 연구에서는 강화재로 알루미늄 보레이트 휘스커를 사용하고, AC4CH를 기지재로 하여 가압단조법으로 금속기 복합재료를 제작(ABOw/AC4CH : 이하 Nobinder)하고 휘스커간의 결속력을 향상시키고 가압단조시 발생하기 쉬운 예비성형체의 변형을 억제하기 위해 무기바인더인 TiO<sub>2</sub> (ABOw/AC4CH added TiO<sub>2</sub> : 이하 TiO<sub>2</sub>)를 첨가하여 각각의 금속기 복합재료를 제작하여 기지재와 복합재료의 파괴인성특성과 내마모시험을 통한 복합재료의 마모특성에 관해서 연구하고 파면사진을 통한 파괴형태를 고찰하였다.

## 2. 시험재료 및 방법

### 2.1 시험재료

본 연구에 사용된 기지재인 AC4CH는 순수한 Al-Si-Mg 계 합금에서 Fe의 함량을 0.2% 이하로 인성을 높인 알루미늄 합금으로서 주물용 합금의 중간정도의 강도를 나타내지만 연신율이 커서, 인성이 우수하고 주조성도 양호하며, 내식성이 우수한 합금으로서 복합재료의 기지재료로 널리 사용되고 있다(官沼克昭등, 1991). 강화재로는 저가이면서도 우수한 성질을 가진 알루미늄 보레이트 휘스커(9Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 상품명 : M12)를 사용하였다. Table 1과 2는 기지재인 AC4CH의 화학조성과 물성치를 나타내었으며, Table 3은 강화재인 알루미늄 보레이트 휘스커의 기본적인 물성치를 다른 강화재들과 비교하여 나타내었다.

Table 1 Chemical composition of AC4CH alloy (Wt.%)

Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Ti	Pb	Sn	Cr	Al
0.20	7.5	0.45	0.10	0.20	0.10	0.05	0.20	0.05	0.05	0.05	Bal.

Table 2 Mechanical properties of AC4CH alloy.

Material	Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elastic modulus (GPa)	Elongation (%)
AC4CH	278	186	68	4.07

Table 3 Basic properties of reinforcements

Materials	$\rho$ (g/m <sup>3</sup> )	Dia ( $\mu$ m)	Length ( $\mu$ m)	Tensile strength (GPa)	Young's modulus (GPa)
Al <sub>18</sub> B <sub>4</sub> O <sub>33</sub>	3	0.5~1.0	10~30	8	400
(K <sub>2</sub> O) · 6TiO <sub>2</sub>	-	0.5~3.0	10-100	3.0~5.0	280
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · SiO <sub>2</sub> (47:53)	2.6	2.8	20-300	1.4	120
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (96-97) · SiO <sub>2</sub> (3-4)	3.2	3.0	200	2.0	300

### 2.2 금속기 복합재료의 제조

가압단조법으로 금속기 복합재료를 제작하기 위해서는 예비성형체인 프리폼(preform) 제작이 앞서야 한다. 프리폼의 제작 조건은 Table 4와 같다.

Table 4. Specification of preform

Type	Raw material	Blended quantity
Aluminum borate whisker	9Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	120g
Ion water	-	1000ml
Organic binder	poly vinyl alcohol 10%	5ml
Coagulation	polymer 2%	5ml
Inorganic binder	TiO <sub>2</sub>	120g

그리고, 체적율은 25%로 하고, 휘스커의 중량은 식 (1)에 의해 계산하였다.

$$V \times V_F \times \rho = 120g \quad (1)$$

여기서, V : 휘스커의 체적

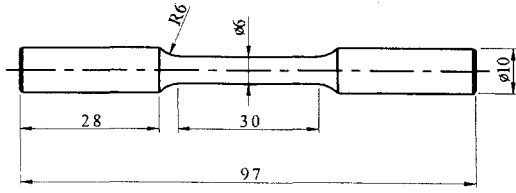
V<sub>F</sub> : 휘스커의 체적율

$\rho$  : 휘스커의 밀도

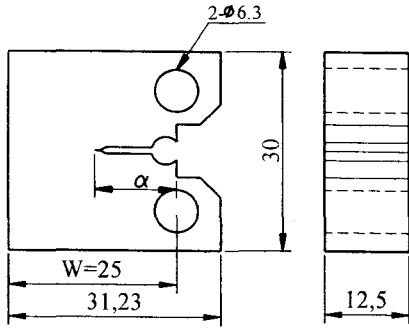
휘스커 중량 120g에 대한 이온수 1000ml를 교반하면서, 폴리비닐알콜 및 응집제를 첨가하고, 충분히 교반된 슬러리(sully) 상태에서 슬러리 속의 기포를 제거하기 위하여, 진공탈포 하였다. 다음으로 프리폼 금형에서 흡입펌프로 이온수를 여과시키면서 압축하여 소정의 프리폼 형상을 완성하였다. 그 후 3일간 자연건조 한 후, 소결로에서 1100℃ 조건으로 2시간 소결(sintering)하였다. 그리고 가압단조법으로 금속기 복합재료를 제작하고 위하여 프리폼을 약 700℃로 가열하여 스퀴즈 캐스팅 장치의 금형내에 고정하였다. 그 다음 760℃의 용탕을 금형에 주입하여 프레스 장치에서 가압력 83.4MPa, 가압속도 50mm/sec, 가압시간 40sec로 프리폼의 공극에 용탕을 침투, 응고시켜서 휘스커 강화 금속기 복합재료를 제조하였다.

### 2.3 파괴인성 실험

Fig. 1은 실험에 사용된 시험편의 형상과 치수를 나타내었다. 인장 및 파괴인성에 사용한 시험기는 MTS model 810, 10ton; 용량의 컴퓨터 제어 서보 유압식 피로시험기이다. (a)는 인장시험편으로 실험은 ASTM E8규정에 의해 변위제어모드에서 크로스헤드 스피드는 0.1mm/min으로 대기 중의 실온에서 실시하였다. (b)는 파괴인성 실험에 사용한 시험편형상으로서, 파괴인성 실험은 ASTM E399에 의거하여 CT(half-size) 시험편으로 W=25mm, B=12.5mm이며 초기 노치 균열길이 a와 시험편의 폭 W의 비(a/W)는 0.45로 하였다. 노치의 가공은 Wire.E.D.M을 이용하여 가공하였으며, 예균열 조건은 주파수 8Hz, 정현파로 노치 선단에서 1.5mm 삽입하였으며 K<sub>IC</sub>실험은 크로스 헤드 스피드 0.05mm/min으로 상온에서 실험하였다.



(a) Tensile specimen



(b) Fracture toughness test specimen

Fig. 1 Configuration of test specimen

#### 2.4 미끄럼마모 실험

마찰·마모 실험은 pin-on-disk 형 마찰시험기를 사용하여 윤활마찰 실험을 하였으며 Fig. 2는 시험편과 마찰되는 강구의 계략도를 나타내고 있다.

윤활장치부에는 시험편 접촉점 하부에 윤활유가 담긴 비이커를 설치하고 윤활유 공급은 순환펌프로써 silicon tube를 통하여 시험편 접촉점에 적하시켰다. 미끄럼속도 7.5rpm, 접촉하중은 2kg, 미끄럼 거리는 235m로 속도와 하중을 일정하게 하였다. 미끄럼 거리는 초기(0~78m), 중기(78~156m), 말기(156~234m)로 나누어서 윤활유 100ml씩 사용하고 각각 2시간 간격으로 윤활유 속에 채취된 마멸분을 헥산과 1:1 비율로 섞어 20 ml의 샘플을 추출하여 공경 0.45의 membrane filter가 부착된 마멸입자 채취기구를 통하여 마멸분을 채취하였다. 강구는 직경 5.0mm의 베어링 강구 STB2를 사용하였다. 시험편의 형상은 직경 50mm, 두께 10mm의 disk형 시험편으로 표면을 샌드페

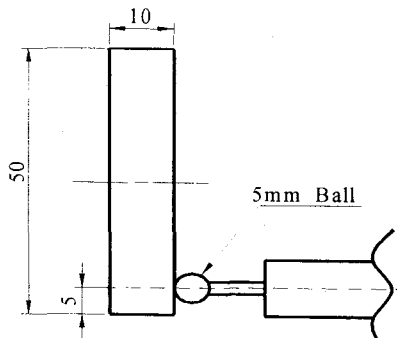


Fig. 2 The schematic diagram of wear test specimen

이퍼 #1500으로 정밀 연마하여 그 표면조도를  $0.2\mu\text{m}$ 로 일정하게 하였다.

#### 2.5 경도 시험

마이크로 비커스 경도계(松擇(株) 제 MHT-1)을 사용하여 지지재인 AC4CH와 nobinder,  $\text{TiO}_2$ 의 경도를 측정하였다. 측정조건은 하중 1Kg, 하중유지 시간은 10초로 하여 상온에서 실시하였으며, 측정위치와 횟수는 랜덤(Random) 형식으로 각 10점을 측정하여 각각 평균값을 구하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 인장실험 및 경도 실험결과

Table 5는 지지재 및 강화재를 첨가한 MMC의 인장 및 경도실험의 결과를 나타내었다. AC4CH의 인장강도가 약 278MPa 인데 비해, Nobinder의 인장강도는 373MPa,  $\text{TiO}_2$ 는 375MPa로서 복합재료의 인장강도가 각각 지지재보다 34%, 34.8%씩 향상된 것을 알 수 있다. 또한 경도 실험에서도 지지재인 AC4CH가 65, Nobinder가 114,  $\text{TiO}_2$ 가 115로서 지지재에 비해 각각 75%와 77%로 증가하였다. 특히  $\text{TiO}_2$ 를 첨가한 복합재료의 최대인장강도와 경도치가 가장 우수하다는 것을 알 수 있었다. 이것은 연성이 강한 지지재에 강화재를 첨가시킴으로서 지지재의 조직이 조밀화되어 강도의 향상으로 나타난 것으로 생각한다. 또한, 휘스커내의 강화재의 균등한 분산을 위한 유기 바인더와 예비상형체의 변형을 방지하기 위해 첨가한 무기바인더 역시 강도향상에 크게 기여한 것으로 생각된다.

Table 5. Mechanical properties of each material

Materials	$\sigma_{\text{UTS}}$ (MPa)	$\sigma_{\text{YS}}$ (MPa)	E (GPa)	Elongation (%)	Hardness (Hv)
AC4CH	282	186	68	4.07	65
Nobinder	373	218	88	1.77	114
$\text{TiO}_2$	375	208	90	2.24	115

#### 3.2 마찰·마모 특성

Fig. 3은 금속기 복합재료의 미끄럼거리별 마찰계수의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 마찰계수는 지지재 및 복합재료 모두 비슷하다는 것을 알 수 있다. 이는 경도 값의 경우, 각 소재마다 많은 차이를 보이고 있으나 마찰계수의 경우는 표면 경도값과는 상관없이 회전하는 pin에 대한 disk의 표면 저항력이므로 표면의 거칠기 등과는 밀접한 관계가 있으나, 표면 경도값과는 상관 관계가 적기 때문으로 생각된다. 그리고 지지재인 AC4CH와  $\text{TiO}_2$ 의 경우가 가장 안정적인 마찰 계수 변화를 보이고 있으므로 이는 재질이 연질인 경우에 표면의 마모 정도는 심하나 남은 sludge등이 표면에 용착하지 않고 바로 탈락되기 때문으로 생각되며, 경도가 가장 높은  $\text{TiO}_2$ 의 경우는 sludge

의 생성량이 가장 적고, 생성이 되더라도 그 크기가 매우 미세하기 때문에 마찰계수가 안정화 된다고 생각된다. 또한 Nobinder는 초기에는 내마모성이 우수하므로 마찰계수가 안정화되어 있으나 중기 약 100m 이상 지나면서 생성된 sludge등이 adhesive wear 형태로 pin과 표면을 거칠게 마모시킴으로서 마찰계수가 불안정해지는 것으로 생각된다.

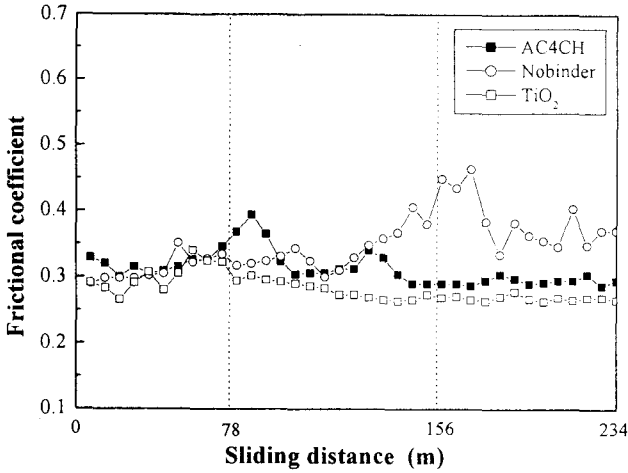


Fig. 3 Results of frictional coefficient in each materials

### 3.3 마모파면

미끄럼 마모실험 후에 각 재료들의 마모량 및 마모파면의 형태를 고찰하기 위해 SEM을 통하여 촬영하였으며 촬영된 사진을 Fig. 4에 나타내었다. 핀의 경도에 비해 연질인 AC4CH의 경우에는 마모면이 상당히 거칠고 불균일하다는 것을 알 수 있었고, Nobinder의 경우 균일현상을 관찰할 수 있었다. 이것은 핀과의 마찰로 인하여 휘스커 자체가 분리되어진 것으로 생각된다. 그러나 TiO<sub>2</sub>의 경우는 표면상에서 핀에 의한 균일현상 없이 매우 깨끗한 단면을 보이고 있었다. 이는 무가바인더인 TiO<sub>2</sub>의 첨가로 제조 및 강도, 경도 등이 향상되었기 때문이며, 이것으로서 금속기

복합재료의 제조 시에 첨가하는 바인더의 효과를 다시 한번 확인할 수 있었다.

### 3.4 파괴인성 특성

#### 3.4.1 K<sub>IC</sub> 실험

파괴인성 실험시 사용한 시험편은 각각 3개의 시험편을 사용하였으며 각 재료에 대한 파괴인성치의 계산은 아래 식 (2)에 의해 계산하였다.

$$K_Q = \frac{P_Q}{B W^{1/2}} f(a/W) \quad (2)$$

$$f(a/W) = \frac{(2 + a/W)(0.886 + 4.64a/W - 13.32a^2/W^2 + 14.72a^3/W^3 - 5.6a^4/W^4)}{(1 - a/W)^{3/2}}$$

여기서,

P<sub>Q</sub> : 하중(kN)

B : 시험편의 두께 (mm)

W : 시험편의 폭 (mm)

a : 균열길이 (mm)

시험결과 파괴인성치(K<sub>IC</sub>)는 ASTM E399에서 규정된 하중 조건과 두께규정(B,a)인 아래 식(3)과 (4)를 잘 만족하였다.

$$P_{max} / P_{min} < 1.10 \quad (3)$$

$$B, a \geq 2.5 \left( \frac{K_Q}{\sigma_Y} \right)^2 \quad (4)$$

위 식들에 의해 측정되어진 Nobinder의 파괴인성치(K<sub>IC</sub>)는 8.70MPa·m<sup>0.5</sup> TiO<sub>2</sub>의 파괴인성치는 9.28MPa·m<sup>0.5</sup>으로 나타났다. 그러나 기지재인 AC4CH의 경우는 연성재질이기 때문에 식(3)에 만족하지 못하여 ASTM E1820 규정에 의해 J-integral을 이용하여 J<sub>IC</sub>실험을 하였고 금속기 복합재료들과의 비교를 위해 J<sub>IC</sub>값을 변환시켜 K<sub>JIC</sub> 값을 구하였다. 본 연구에서 사용된 AC4CH 및 Nobinder와 TiO<sub>2</sub>의 파괴인성 실험결과를 각각 Fig. 5와 6에 나타내었고, 파괴인성치를 Table 5에 나타내었다.

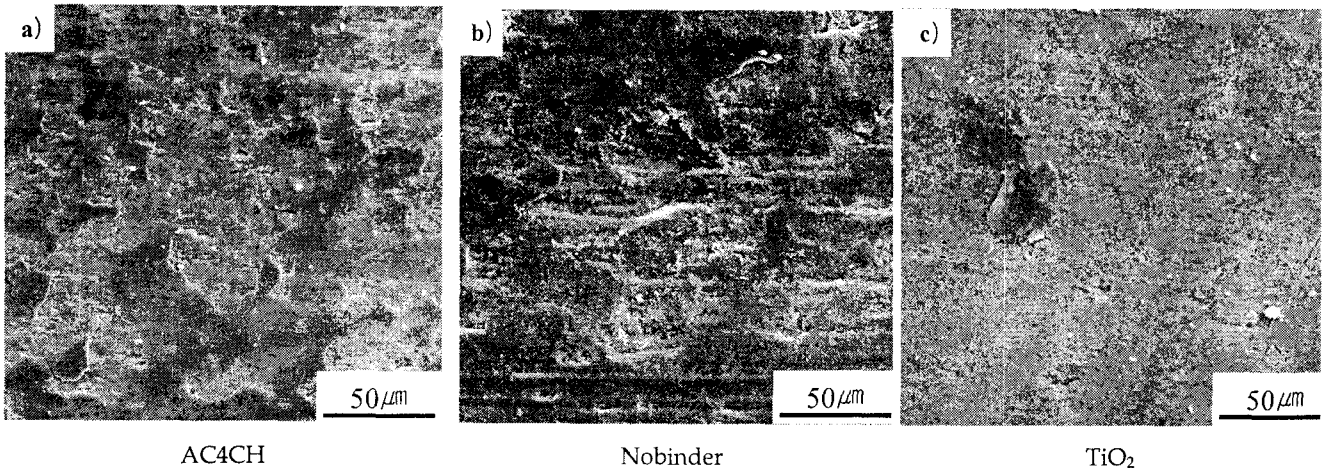


Fig. 4 SEM photographs of frictional abrasion surface of AC4CH and MMCs

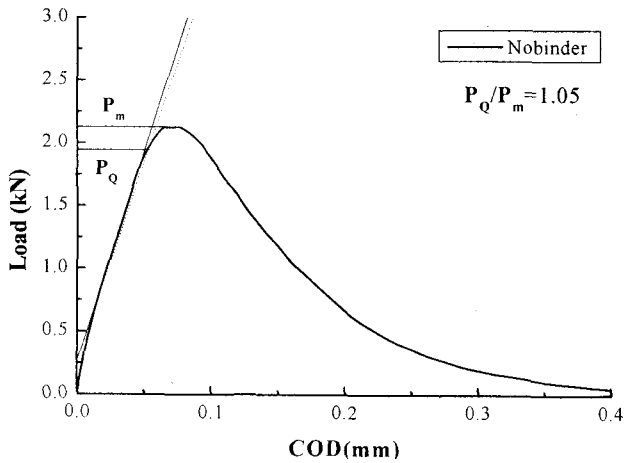


Fig. 5 Relations between load and COD in Nobinder

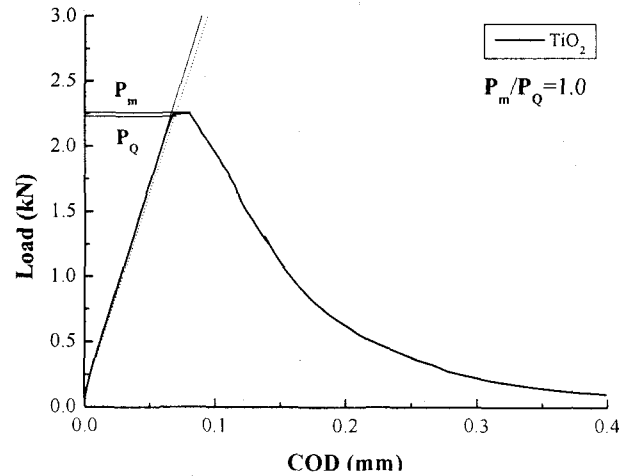


Fig. 6 Relations between load and COD in TiO<sub>2</sub>

Table 5. Fracture toughness values about AC4CH and MMC

Materials	Critical load P <sub>Q</sub> (kN)	Maximal load P <sub>m</sub> (kN)	$\sigma_y$ (MPa)	Elongation (%)	Fracture toughness K <sub>IC</sub> (MPa-m <sup>0.5</sup> )
Nobinder	1.95	2.12	231	1.77	8.70
TiO <sub>2</sub>	2.18	2.19	205	2.24	9.28

### 3.4.2 J<sub>IC</sub> 실험

기재인 AC4CH의 J<sub>IC</sub> 실험 결과 둔화직선은  $J=2\sigma fs \cdot \Delta a$ 에 따라 나타내었다. J<sub>IC</sub>값의 계산은 ASTM E 1820 규정에 따라 계산(E 1820-99a, 1999)하였으며, 아래의 식 (5)에 의해 K<sub>J<sub>IC</sub></sub>로 변환하였다(R. W. Hertzberg등, 1996).

$$K_{J_{IC}}^2 = \frac{J_{IC}E}{1-\nu^2} \quad (5)$$

위 식에 의해 계산된 K<sub>J<sub>IC</sub></sub>값은 26.9MPa-m<sup>0.5</sup>으로 나타

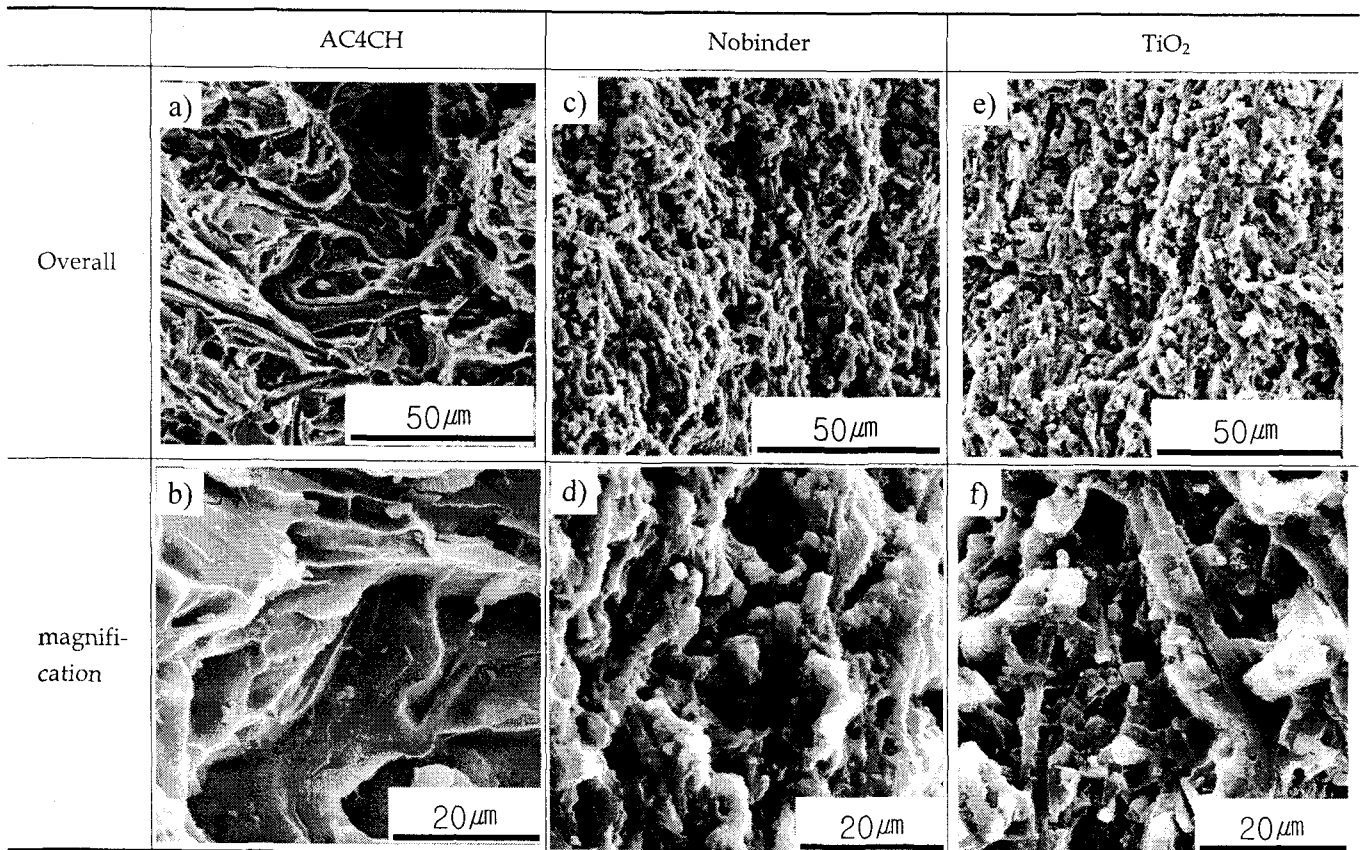


Fig. 8 SEM photographs fracture toughness of AC4CH and MMCs

났다. 앞서 언급된 Nobinder와 TiO<sub>2</sub>의 결과와 비교해 볼 때 기지재인 AC4CH의 파괴인성치가 훨씬 높다는 것을 알 수 있었다. 이는 MMC(박원조외, 2002)등의 연구와 비교해 볼 때 연성적인 기지재의 특성을 향상시키기 위해 첨가한 세라믹계의 취성적인 강화재의 영향으로 생각된다. 따라서, 강화재인 알루미늄 보레이트 휘스커를 첨가하여 제작한 금속기 복합재료의 파괴인성 향상의 효과는 볼 수 없었다.

### 3.5 파괴인성파면

파괴인성 실험으로 파단된 시험편의 파면과 미끄럼마모 실험을 통한 시험편의 마모면을 관찰하기 위해 주사식전 자현미경(SEM)으로 촬영하였으며 촬영된 사진들을 Fig. 8에 나타내었다. a)와 b)는 기지재인 AC4CH의 파면과 부분확대사진을 나타내고 있다. 전체적인 파면의 양상이 거칠다는 것을 알 수 있으며 딩플(dimple)과 입내연성파괴의 일종인 의벽개와 비슷한 양상을 보이고 있음을 알 수 있었다. c)와 e)는 Nobinder와 TiO<sub>2</sub>의 파면사진으로서 AC4CH에 비해 전체적인 파면이 평탄한 전형적인 취성 파괴의 파면을 보이고 있다. 기지재인 AC4CH의 파면과 금속기 복합재료간의 파면을 비교해 볼 때 각각의 파면의 조직적인 특성은 확인 할 수 있었으나, 전체적으로 평탄한 파면을 가지는 Nobinder와 TiO<sub>2</sub>간의 조직적인 특성은 확인 할 수 없었다. 그러나 Nobinder의 경우는 d)의 부분확대 사진에서 휘스커의 뽑힘(pull out)현상이 관찰되나 TiO<sub>2</sub>의 부분확대 사진인 f)에서는 휘스커 자체의 추출은 거의 확인할 수 없었다. 따라서, 가압단조시의 예비성형체의 변형을 억제하기 위해 무기바인더인 TiO<sub>2</sub>의 첨가가 기지재와 젖음성도 우수하고 복합재의 사용목적에 적합한 소재라고 생각된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 알루미늄 보레이트 휘스커 프리폼에 AC4CH를 가압단조법으로 침투시켜 금속기 복합재료를 제작하여 기지재인 AC4CH 및 Nobinder와 TiO<sub>2</sub>의 파괴인성시험 및 미끄럼마모에 대해 연구하였고, SEM을 통하여 파면관찰을 실행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 인장강도 및 경도 실험결과 기지재인 AC4CH에 비해 인장강도는 Nobinder가 32%, TiO<sub>2</sub>가 33%씩 향상되었고 경도치는 Nobinder가 75%, TiO<sub>2</sub>가 77%씩 향상되었다는 것을 알 수 있었다.

(2) 기지재 및 MMC의 파괴인성치는 Nobinder가 8.7MPa·m<sup>0.5</sup>, TiO<sub>2</sub>는 9.28MPa·m<sup>0.5</sup>으로 측정되었으며 기지재인 AC4CH의 K<sub>Jc</sub>는 26.9MPa·m<sup>0.5</sup>으로 MMC에 비해 파괴인성치가 훨씬 높게 측정되었다. 이것은 연성적인 기

지재의 특성을 강화시키기 위해 첨가한 세라믹계의 취성적인 강화재의 영향으로 생각된다.

(3) 마찰계수의 변화는 연질인 AC4CH와 TiO<sub>2</sub>의 경우가 마찰계수의 변화가 가장 안정적이었으며, Nobinder의 경우는 기지재와 휘스커의 탈락현상으로 인해 마찰계수의 변화가 매우 불규칙하다는 것을 알 수 있었다.

(4) 파면의 관찰결과 Nobinder의 경우 파면상에서 휘스커 자체의 뽑힘현상(pull out)이나 휘스커의 탈락현상이 관찰되고 있으나 TiO<sub>2</sub>의 경우는 거의 확인할 수 없으므로 TiO<sub>2</sub>의 경우가 휘스커와의 젖음성이 비교적 좋다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 금속기 복합재료의 제조시 무기바인더인 TiO<sub>2</sub>를 첨가하여 사용한다면 복합재의 사용목적에 맞는 적합한 소재라고 생각된다.

## 후 기

본 논문은 경상대학교 지역대학육성사업단의 지원으로 이루어졌으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 박익민(1991), 제2회 응고 심포지엄, 서울, KIM-KFS.  
 落合莊郎, 長村, 光造(1988), "アルミニウム基 複合材料", 輕金屬, 第38卷 第10號 pp.658-694.  
 B. F. Quigley, G. J. Abbaschian, R. Wunderlin and R. Mechrabian(1982), "A Method for Fabrication of Aluminum-Alumina Composites", J. of Met. Trans., A, Vol. 13A, pp. 93~100.  
 박익민, 김부섭(1996), 대한금속학회보, 9권, 2호, pp 112.  
 오홍석, 이성학, 정재영, 안상호(2000), "고크롬 백주철/저크롬강 이중구조합금의 내마모성과 파괴인성에 미치는 Cr 및 Mo의 영향", 대한금속·재료학회지, Vol.38, No.5.  
 管沼克昭, 藤田昭, 佐佐木元, 鈴木信華(1991), "うアルミニウムウ イスカ/AC8A および606 アニウム合金の 面反應", 輕金屬, 第41卷 5號, pp. 297.  
 E 1829-99a(1999), "Test Method for Fracture Mechanics of Enginnering Meterials", American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.  
 R.W.Hertzberg(1996), "Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials", fourth ed., Wiley.  
 최용범, 허선철, 박원조(2002), "MMC의 피로수명과 피로균열전파 거동에 관한 연구", 대한기계학회 춘계학술대회는논문집, pp. 146~150.