

세라믹과 CPTi의 固相接合에 관한 研究

A Study on the Diffusion Bonding  
of Seramics and CPTi

指道教授：金永植



1990년 2월

한국해양대학  
선박기계공학과 4학년

김왕중    박일석    안동철    박영근

1	서론	3
2.	실험재 및 실험방법	4
2.1	모재 및 시험편	4
2.2	실험장치 및 실험방법	4
3.	실험결과 및 고찰	8
3.1	접합부의 열팽창거동 및 열응력	8
3.2	접합이음의 조직	8
4.	결론	14

참고 문헌



## 1. 序 論

최근, 우주항공산업, 원자력산업, 석유화학산업등의 산업분야에 있어서 各種機器의 사용환경이 점점 苛酷하게 되어, 耐熱性機能이나 耐蝕性機能이 우월한 재료의 개발이 절실히 요구되어서 왔다.

그러한 재료의 하나로서, 파인세라믹은 우수한 기계적 성능을 갖고 있기 때문에 앞으로 그 응용범위가 확대되어 나갈것으로 기대되고 있다.<sup>(1)</sup> 그러나, 이러한 우수한 특성이 있는 반면 세라믹은 脆弱하기 때문에 加工性이 나쁘고, 복잡한 形狀으로 가공하는 것이 어렵다.

또한, 脆性材料이기 때문에 생기는 信賴性의 문제, 세라믹의 高價로 인한 것등에 의해 부품전체를 세라믹으로 만드는것은 많은 문제점들을 내포하고 있다.

여기서 세라믹특성을 有效하게 이용하는 수단<sup>(2)</sup>의 하나로서 韌性이 풍부한 금속과의 復合化 혹은 접합에 의한 一體化 등의 접합기술의 개발이 요구되었다.

한편 Ti은 금속으로서는 알루미늄나 ( $Al_2O_3$ )와 熱膨脹率이 가깝고, 세라믹과 금속의 接合時에 兩材料의 熱膨脹率의 差에 기인한 熱應力 문제를 해소할 수 있다고 생각되어지는 材料이다.<sup>(2)</sup>

본 연구는 이러한 관점에서 鹼化物系 세라믹인 알루미늄나와 CPTi을 접합모재로 하여, 固相接合時에 발생하는 문제점을 검토하고, 최적이라고 생각되는 接合工程과 接合界面에 있어서의 모재 상호간의 界面舉動에 관하여 검토하였다.

## 2. 供試材 및 實驗方法

### 2.1 모재 및 시험편

세라믹은 주로 常壓燒結의 透光性的 高純度 알루미늄( $Al_2O_3$ )를 사용하였다. 이 알루미늄은 純度 96%로 열팽창율은 세라믹으로서는 비교적 크고, 耐磨耗性, 耐蝕性이 풍부한 재료이다.

Ti재료로서는 工業用 純 Ti (CPTi)를 사용하였다. Table.1 Table.2에 供試母材의 화학적성분 및 기계적성질을 나타내었다.

Fig.1에서 나타내고 있는바와 같이 Ti재료의 열팽창율은 금속으로서는 비교적 작고 알루미늄에 가깝다.

Fig.2는 실험에 사용한 모재의 형상 및 지수를 나타내었다.

### 2.2 實驗裝置 및 實驗方法

Fig.3은 실험장치의 외관 및 개략도로 세라믹 ( $Al_2O_3$  : 8.5X 10mm)와 Ti (8.5X 10mm)를 맞대고 약  $3 \times 10^{-4}$  Torr의 진공중에서 1.0MPa의 接合壓力을 가하여 행했다. 또한 흑연 발열체를 가열하고 그의 輻射熱을 이용하였다. 가열속도는  $30 - 40^{\circ}C/min$ 이고 소정의 접합온도에서 일정시간 유지한 후 약  $10^{\circ}C/min$ 의 냉각속도로 진공로 중에서 자연냉각시켰다. 또 열전대는 접합면으로부터 약 2mm떨어진 금속축에 부착시켰다.

여기에서 알루미늄의 接合面은 연마등은 행하지 않고 供試의 그대로이고 Ti모재는 #1000의 사포로 연마하고 아세톤으로 초음파 세정하여 接合에 提供하였다.

接合後 接合계면의 SEM관찰, SEM/EDX (Energy 分散形 X선 마이크로 분석기)에 의한 원소 분석 등을 행하였다.

Properties of materials

Materials		Specific Gravity (g/cm <sup>3</sup> )	Linear Expansion (x10 <sup>-6</sup> /K)	Tensile Strength (MPa)	Bending Strength (MPa)
Metals	CP Ti	4.51	9.0	360	-
	Ti-6Al-4V	4.43	9.4	1060	-
Ceramics	99.9 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.99	8.0	-	330
	99.5 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.90	8.1	-	295
	SN220 Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	3.20	3.1	-	735

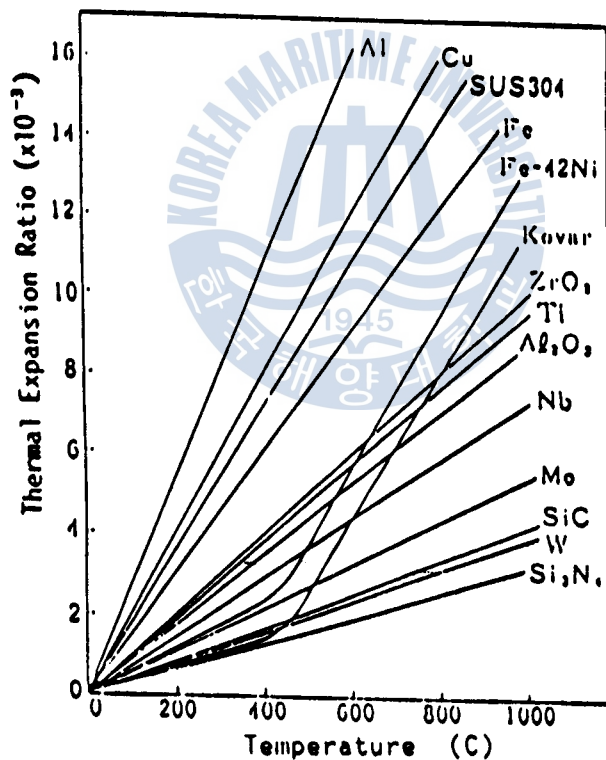


Fig. 1 Thermal expansion-ratio of metals and ceramics.

Table 1 Chemical composition of base metals used.

Materials	wt (%)							
	Ti	Al	V	Fe	N	O	H	C
* CP Ti	bal	—	—	0.090	0.011	0.090	0.0018	0.007

\* CP Ti : commercially pure titanium

Table 2 Mechanical properties of base metals used.

Materials	CP Ti
Tensile Strength (MPa)	360
Reduction of Area (%)	67
Elongation (%)	42

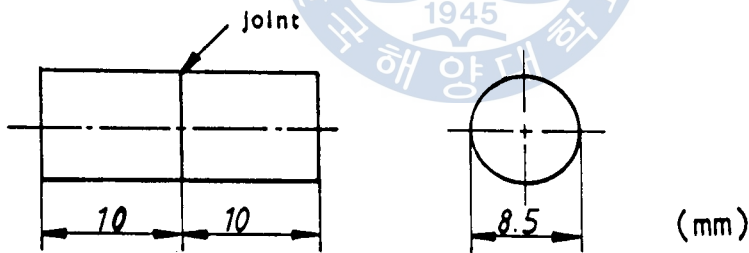


Fig.2 Shapes and dimensions of test specimens.

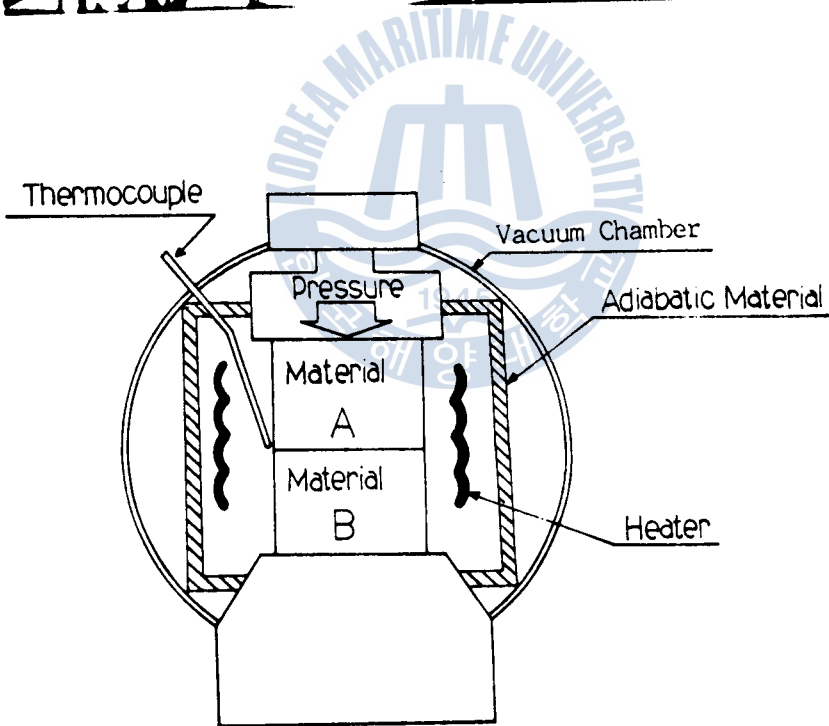
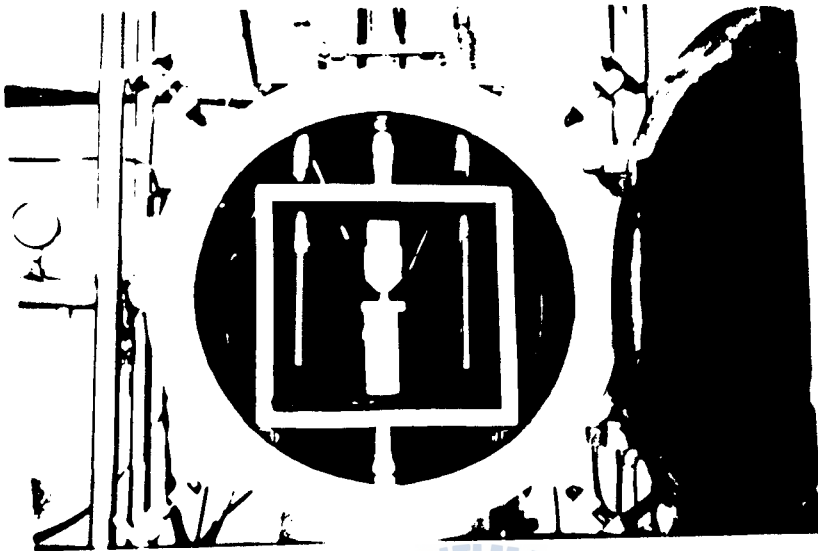


Fig. 3 Appearance and illustration of equipment.

### 3. 實驗結果 및 考察

#### 3.1 접합부의 열팽창거동 및 열응력

Fig.4는  $Al_2O_3$ /CPTi 접합시 이음 사이에 삽입한 CPTi 箔板의 두께의 변화에 따른 세라믹층의龜裂舉動을 관찰한 SEM사진이다. 접합온도 및 시간은 각각  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , 5min으로 하였다. 또한 可壓力은 1MPa로 하였다.

Fig.4(a)는 CPTi 薄板을 삽입하지 않고 모재를 그대로 맞대어 접합한 경우이고, (b), (c) 및 (d)는 모재사이에 1000, 800, 500 $\mu\text{m}$ 의 CPTi 박판을 삽입한 경우이다. 사진에서 보는 바와 같이 (a)에서는 접합면에 평행한 방향으로 全斷面을 통하여 균열이 貫通되어 있음을 보이고, (b), (c)에서는 박판의 두께가 감소함에 따라 세라믹층의 균열의 깊이가 감소하고 있음을 보여주고 있다.

또한 Fig.4(d)에서는 균열이 進前途中 정지되고 있음을 보이고 있다. 일반적으로 세라믹과 금속과의 접합시에 양 재료의 열팽창거동의不一致로 인해 냉각시에 접합부 부근에 열응력이 발생하고, 引張力에 약한 세라믹층에 균열이 발생하는 것으로 사료된다. 또한 여기에 CPTi 박판을 삽입함으로써 해서 접합부에 발생한 열응력을 CPTi 박판에서 흡수하여, 열응력을 완화시켜 주는 것으로 사료된다.

#### 3.2 接合이음의 組織

Fig.5는  $Al_2O_3$ /CPTi 이음부의 조직을 SEM으로 관찰한 것이며, Fig.6은 그 조직의 성분을 SEM/EDX로 분석한 결과이다. 먼저  $800\text{ }^\circ\text{C}$ 의 接合溫度로 가열하고, 그 온도에서 5분간 유지 한 후 냉각시킨 접합체의 SEM상으로 부터 접합층에서 하나의 층(R)을 확인 할 수 있다.

그 부분의 EDX분석 결과에 의하면 접합계면에서의 영역(R)에는  $CaAl_2O_3$  이외에  $TiO_2$ ,  $Ti_3O_5$ ,  $TiO$ ,  $Ti_2O_3$  등의 Ti산화물 및  $Al_3Ti$  등이 검출되었다.



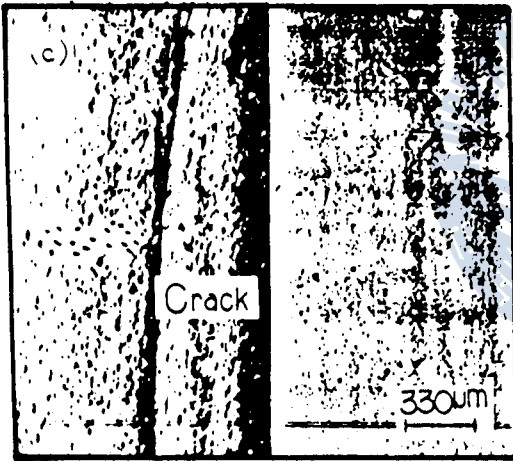
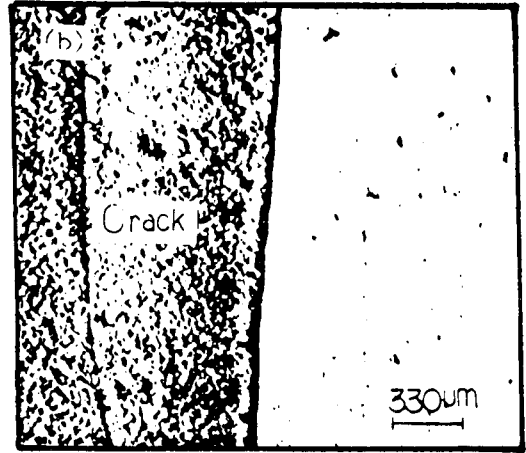
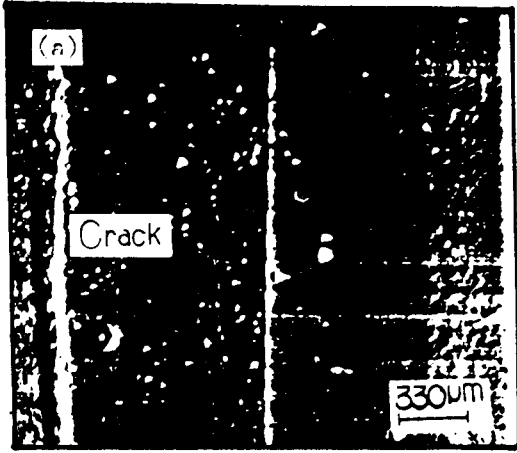
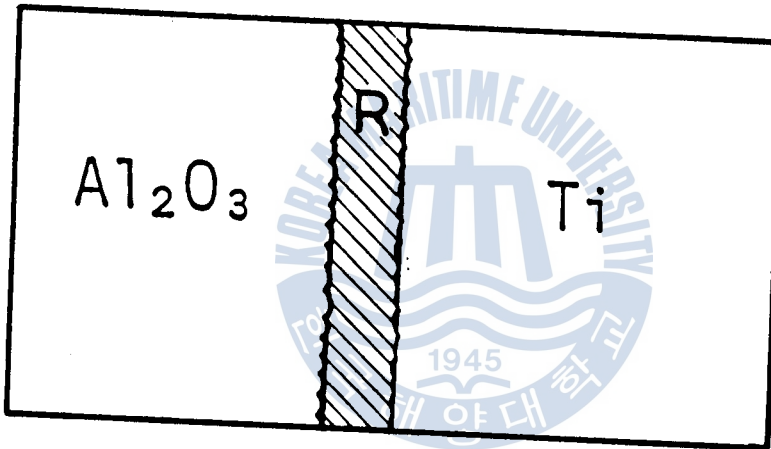
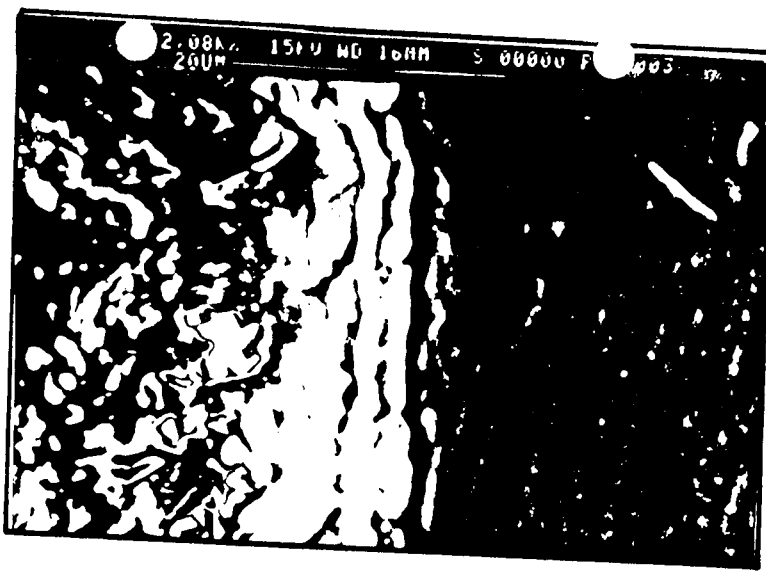


Fig.4 Microstructures of  $Al_2O_3/CPTI$  joint



R: Reaction Layer

Schematic illustration of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CPTi joint structure

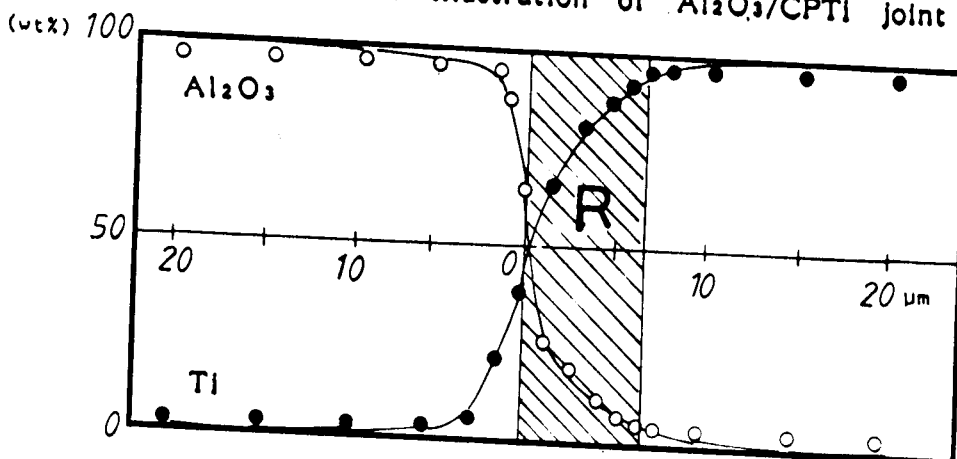


Fig.5 SEM/EDX analyses of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CP Ti joint

7 CNT 10040 EU 2311 FS- A  
Link Systems 860 Analyser EU/CHAN  
28-Dec-88

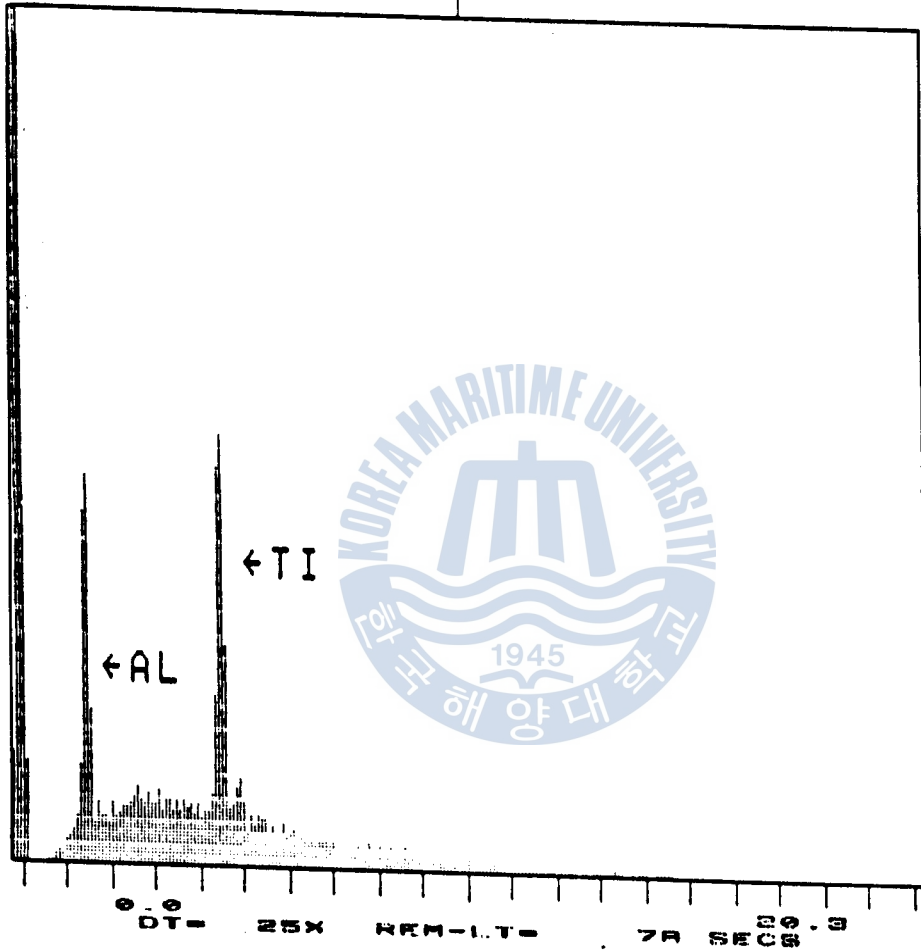
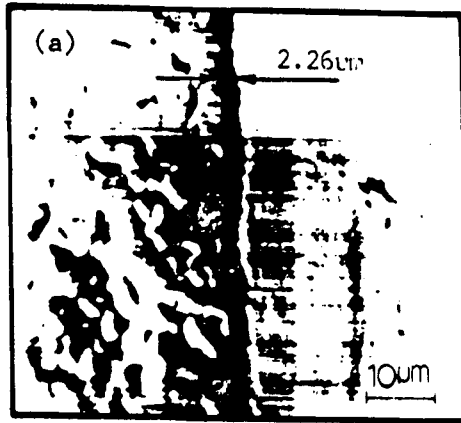


Fig.6 SEM/EDX analyses spectra of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CP Ti}$  joint

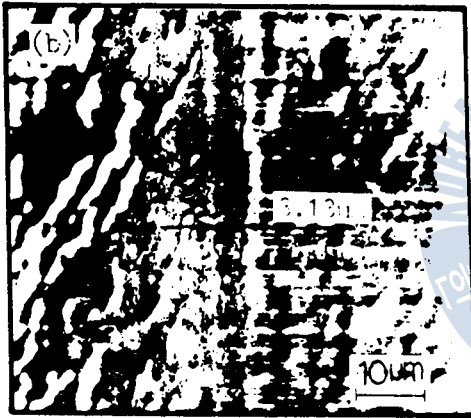
Fig.7 (a)-(c)에 접합시간을 변화한 경우의  $Al_2O_3/CPTi$  이음부의 조직의 변화를 나타내었다. 接合時間이 (a) 5min, (b) 30min, (c) 60min으로 길게되면, 接合層과 알루미늄 소재와의 反應이 진행하고 영역R이 시간의 증가와 더불어 성장하고 있다.

이와 같이 알루미늄과 접합층과의 界面에 Ti산화물 혹은  $Al_3Ti$  등의 금속간 화합물이 생성되고 있고, 接合時間의 증가와 더불어 이들의 反應層이 성장하고 있다고 생각 되어진다.

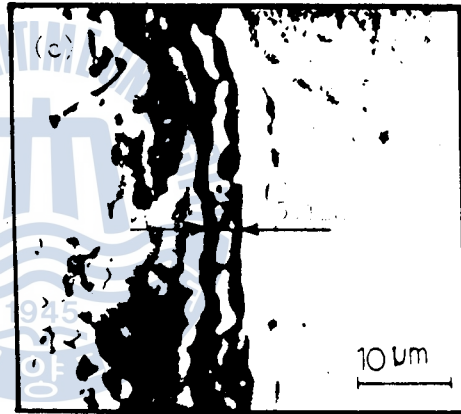




5 min



30 min



60 min

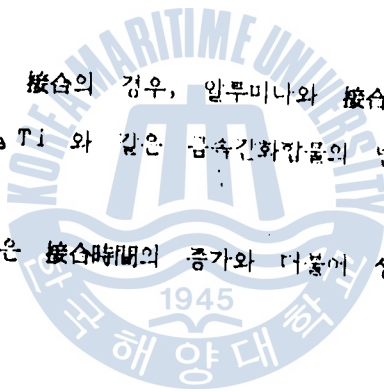
Fig.7 Microstructures of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CPTI}$  joint

#### 4. 結 論

본 논문에서는 純度96% 알루미늄과 CPTi과의 接合을 행하고, 그의 接合性을 검토하였다. 또한 接合이음에서의 조직을 검토, 고찰하였다.

이하에 본 연구에서 얻어지 주된 결과 및 결론을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 세라믹과 금속과의 접합시에 모재사이에 CPTi 박판을 삽입하여 줌으로써 접합부에 발생한 열응력을 완화시킬 수 있다.
- (2) 알루미늄과 CPTi의 接合의 경우, 알루미늄과 接合層과의 界面에는 얇은 Ti 산화물 혹은  $Al_3Ti$  와 같은 금속간화합물의 반응층이 생성된다.
- (3) 接合層界面의 반응층은 接合時間의 증가와 더불어 성장한다.



参 考 問 獻

- 1) 工業調査会編集部編：フラインセラミックス技術，P.4 (1983)
- 2) 日本金屬學會秋期大会一般講演概要：セラミックス-金屬接合体 熱応力解析，  
P.172 (1985)
- 3) 李 弘 林譯：엔지니어링 세라믹스，P.26 (1986)



單位階段函數를 應用한

彈性支點을 가진 보의 解析에 관한 研究

指導教授：王之錫



韓國海洋大學 船舶機械工學科 4學年

이 영커

정 봉균

김 기홍

김 형식

이 동화