

.....  
論 文  
.....

# Al-SiCp복합재료에서 SiCp의 용해거동에 관한 연구

김석원, 이의권, 전우용

## A Study on Dissolution Behaviors of SiCp in Al-SiCp Composite

Sug-Won Kim, Eui-Kweon Lee and Woo-Yeoung Jeon

### Abstract

Aluminum base composites reinforced with various amount of SiC particles and Mg contents have been investigated by different fabrication method for twenty-years.

In this paper, how the decomposition and dissolution behaviors of SiCp(20 $\mu$ m) in the melt of Al composites arised was studied. As the results, the decomposition and dissolution of SiCp into the melt of Al composites increased with increase of the temperature above 720 $^{\circ}$ C, and holding time at a given melting temperature. Because SiC is thermodynamically unstable in this Al-SiCp composite at temperature above the liquidus, SiCp dissolves and reacts with Al in matrix to form Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> according to following chemical equation  $4Al + 3SiC \rightarrow Al_4C_3 + 3Si$ , Si decomposed and dissolved from SiCp increases Si content of matrix, while liquidus temperature of matrix decrease with increase of SiC content in matrix.

The hardness of SiCp decreased with increase of the melting temperature, the hardness of the matrix /particle interface increased with increase of the melting temperature due to increase of the Mg<sub>2</sub>Si and Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> intermetallic compounds, etc.

(Received June 2,1993)

### 1. 서 론

금속기 복합재료(MMC)는 높은 강도, 내마모성 및 고온강도 등의 성질 등이 우수하여 미래의 신소재로 각광을 받고 있다. 또한 우주항공기산업, 자동차산업 등에서 경량화 요구에 따라 종래에 사용되어 왔던 재료보다도 우수한 성질을 갖는 새로운 소재인 금속복합재료의 개발이 필요하게 되었다. 그 중에서 Al기 복합재료는 경량이면서도 내열성, 내마모성 및 열, 전기특성이 우수하여 자동차부품, 항공기구조재료, 전기접점재료 등에 응용이 확대되어 많은 연구가 진행되고 있다<sup>1~10)</sup>. 그러나 약 20여년간 광범위한 연구에도 불구하고 기존 금속재료와의 가격경쟁, 저생산성 등의 문제로 아직 상업용으로는 널리 사용되고 있지는 못하고, 일부 높은 부가가치의 제품에만

실용화되고 있는 실정이다.

SiC입자강화 복합재료의 제조는 분말야금법<sup>2)</sup>과 용탕법<sup>3)</sup>으로 크게 분류할 수 있고 용탕법에는 compocasting, rheo-compocasting, squeeze casting, hot press법 등이 있다<sup>3~6)</sup>.

Al기 복합재료 중 SiC입자강화 복합재료는 휘스커나 섬유 및 세라믹입자를 강화재로한 Al복합재료에 비하여 기계적 성질은 좀 떨어지지만 제조원가가 저렴하고 등방성이며 압연, 압출 등 소성가공이 용이하고, 주조법만으로 대량생산이 가능하기 때문에 경제성이 좋다는 장점이 있다. 그러나 주조법에서 용해온도 및 제조법에 따라서 강화입자들이 기지금속에서 열역학적으로 불안정하여 분해, 용해되어 복합재료의 기계적 특성을 저하시킬 수도 있다고 생각되어 진다.

그래서 본 연구에서는 반응용상태의 반고체

전북대학교 금속공학과(Dept. of Metallurgical Eng., Chonbuk National University)

(고상률 40~60vol%)를 강제교반하면 조금씩 액상화되어 rheology 와류가 형성되는 과정중에 SiC강화입자를 첨가하고 용융상태의 슬러리를 교반하여 초정의 수지상정 형성을 저지(non dendrite)하면서 동시에 좋은 유동성을 가질 수 있게 한 후 재가열하여 용탕을 급형에 급랭을 하여 균질한 재료를 얻게 하려는 rheo-compcasting 법과 합금법을 병행하여, 현재 고강도 재료로 많이 활용되고 있는 Al-Cu합금과 피스톤 등 내마모성이 좋은 주조용 재료인 Al-Si합금을 기지합금으로, 강화재료는 SiC입자를 사용하고 합금원소중 계면반응촉진원소인 Mg를 첨가하여 제조한 시편에서 각각 다른 온도와 유지시간에서 재용해하였을 때 Al기지금속 중에서 SiCp의 분해, 용해거동에 대하여 연구, 검토하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 시편제조

Al과 Al-40wt.%Cu, Al-20wt.%Si모합금을 장입하여 노의 온도를 약 720°C로 승온시켜 완전히 용해하였다. 그 다음 탈가스제(C<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>)로 탈가스를 실시하고 용탕표면에 부유된 slag를 완전히 제거한 뒤 목표성분의 Mg를 첨가, Ar가스분위기에서 graphite impeller를 용탕에 침지시켜 교반하면서 용탕의 온도를 목표고상률의 온도까지 강하시켜 용탕을 슬러리상태로 유지시켰다. 이때 슬러리상의 고상률(Fs)을 약 40~60%로 하였으며, 고상률은 다음 식<sup>11)</sup>을 이용하여 구하였다.

$$F_s = \left[ \frac{T_L - T}{T_L - T_s} \right] \times 100 \quad (1)$$

F<sub>s</sub> : 고상률(%)

T<sub>L</sub> : 액상선온도(°C)

T<sub>s</sub> : 고상선온도(°C)

T : 슬러리 유지온도(°C)

강화입자 SiCp는 초음파 세척기를 이용하여 아세톤으로 세척하고 600°C로 예열한 후 슬러리 표면에 축적하지 않을 정도의 속도(5~10g/min)로 Ar가스와 함께 첨가하면서 교반하였다. 그 후 슬러리상태의 복합재료를 다시 액상선 이상의 온도인 720°C까지 급가열한 후 다시 탈가스처리하고 급형(50×50×100mm)에 주입하여 시편을 제조하였다.

### 2.2 조직관찰

조직관찰은 0.5%HF 부식액으로 부식시켜 광학현미경으로 관찰하였고, 계면반응 및 미세조직은 주사전자현미경(HITACHI X-650)을 이용하여 관찰하였다.

### 2.3 X-선 분석 및 열분석

Al-SiCp복합재료에서 계면의 반응생성물을 X선 회절실험을 통하여 조사하였다.

실험조건은 target : Cu, filter : Ni, voltage : 30kV, current : 20mA, scanning speed : 1°/min, 회절각 : 10~120°로 하였다.

시편의 액상선 온도를 측정하기 위하여 시차주사열분석기(Differential Scanning Calorimeter : DSC)를 이용하여 열분석을 실시하였으며 이때 열분석 조건은 승온속도를 1°C/min로 하여 상온에서부터 650°C까지 가열하였고 N<sub>2</sub>가스 분위기에서 실시하였다.

### 2.4 경도측정

경도측정은 Si, Cu 및 Mg 등이 첨가된 Al-SiCp 입자강화 복합재료에서 기지와 입자계면에 이르는 상호반응영역에서 생긴 반응생성물이 기계적 성질(경도)에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Micro-Vickers 경도계(하중 10g, 하중시간 15초)를 사용하여 각 20회씩 측정한 후 최소 및 최대값 5개씩을 제외한 나머지 값을 산술평균으로 구하였다. 또한 Mg첨가 및 SiC입자의 분포분율에 따르는 시편전체의 경도변화를 관찰하기 위하여 Micro-Vickers 경도계(하중 1kg, 하중시간 15초)를 이용하여 특정 부위에 상관없이 10회 측정하여 최대, 최소값을 제외한 나머지 값을 산술평균하여 구하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 SiC입자의 용해거동에 미치는 재용해온도 및 유지시간의 영향

Al용탕 중에서 Al과 SiC입자의 상호반응거동을 알기 위하여 Rheo-compcasting으로 제조한 Al-4.5wt.%Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiCp의 시편을 진공용해로를 이용하여 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C에서 각각 2시간씩 유지한 후 응고시

킨 시편을 시차 주사열분석기로 열분석을 실시하여 각각 시편의 액상선 온도를 측정 한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 또한 Al-2wt.%Si-2wt.%Mg-15wt.%SiCp의 시편을 일정한 온도(750°C)에서 각각 5,10 및 15시간을 유지시킨 후 응고시킨 시편을 시차 주사열분석기로 열분석을 실시하여 각각 시편의 액상선온도를 측정하였다. Fig. 1은 온도의 증가에 따라서 액상선온도는 저하됨을 나타내었으며, Fig. 2는 일정한 온도 750°C에서 유지시간의 증가에 따라서 액상선온도가 또한 저하되었음을 알 수 있었다. 이는 액상Al과 SiCp의 상호반응에 의한 결과로 용해온도가 증가함과 유지시간의 증가함에 따라서 상호반응에 더욱 활발하게 일어나 SiCp표면에서부터 일부 분해, 용해되어서 기지금속에 Si의 함량이 증가함으로써 기지금속의 액상선 온도는 저하되었음을 알 수 있었다.

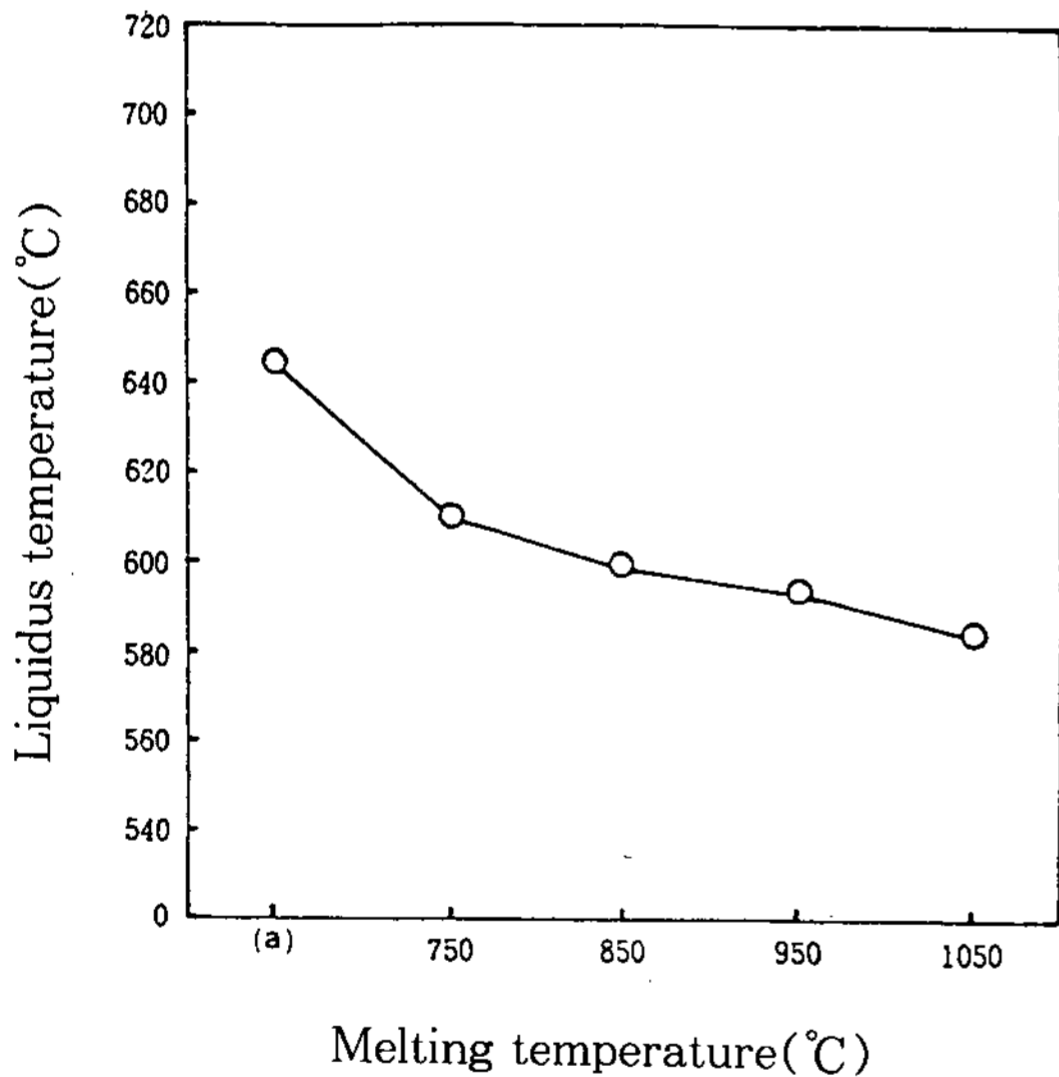


Fig. 1 Relationship between liquidus temperature and melting temperature with 2hr holding time at various temperature in Al-4.5wt.%Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiCp composite. (a) : As of rheo-compocasting specimen

특히 Al은 다른 금속보다 활성금속(active and aggressive)이고 첨가한 강화입자 SiC의 크기가 20µm의 미세분말이므로 액상과 Al과 SiCp의 입자의 충분한 표면접촉을 통하여 상호반응되

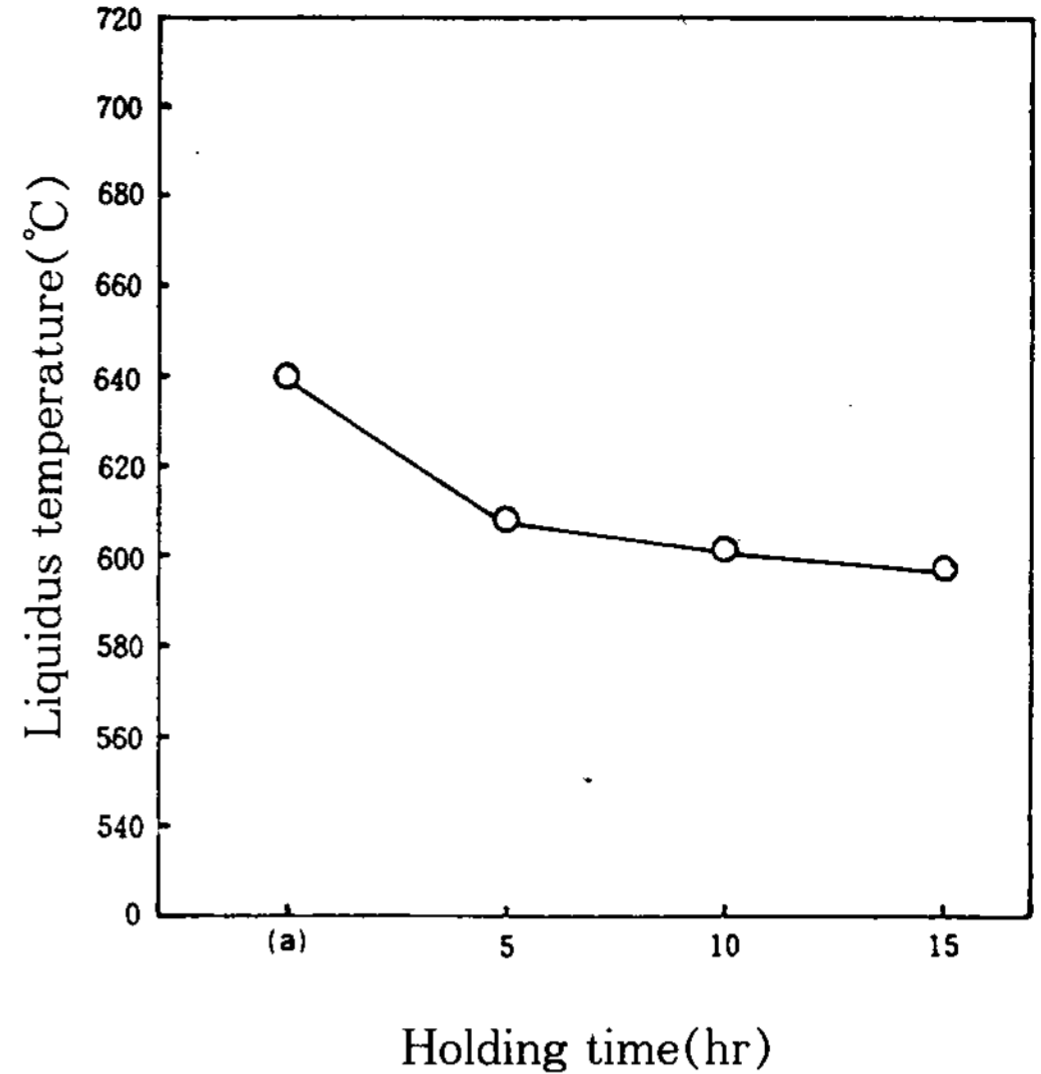
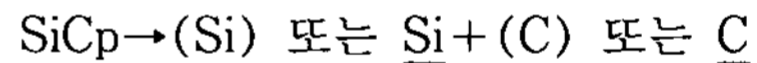


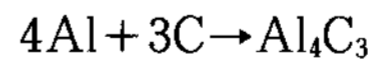
Fig. 2 Relationship between liquidus temperature and different holding time at 750°C in Al-2wt.%Si- 2wt.%Mg-15wt.%SiCp composite.

(a) : As of rheo-compocasting specimen

었음을 알 수 있었다. 먼저 Al용탕 중에서 SiCp의 분해용해반응은 다음과 같이 생각된다<sup>12)</sup>.

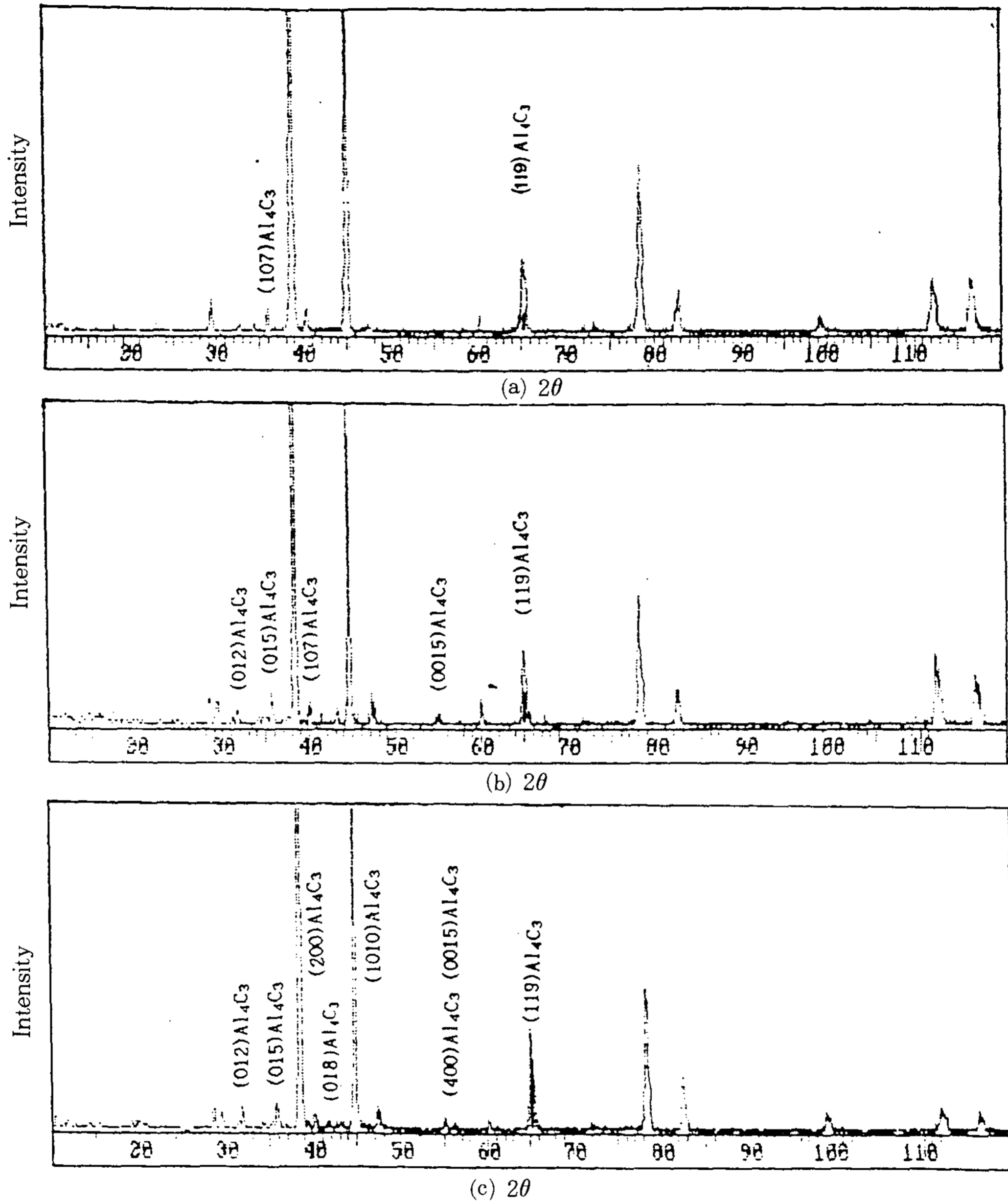


여기에서 (Si) 및 (C)는 Al용탕 중에 분해되어 있는 상태이며  $\underline{\text{Si}}$ ,  $\underline{\text{C}}$ 는 Al용탕 중에 용해되어 있는 상태를 나타낸다. 따라서 온도가 증가하면 SiCp는 Al용탕 중에서 더욱 반응이 활발하게 진행되어 SiCp의 분해, 용해반응은 촉진되어 진다. 이 반응으로 생긴 Si과 C는 Al기지로 용해되어서 기지 중의 Si가 증가되며, 일부는 SiCp 주위에 농축되어 질 것이다. SiCp 주위에 농축되어 있는 Si은 주위의 Mg과 결합하여  $\text{Mg}_2\text{Si}$ 를 주로 형성되고 free C는 Al과 다음과 같은 반응에 의해서  $\text{Al}_4\text{C}_3$ 로 된다<sup>13)</sup>.



재용해온도에 따라서 SiCp가 분해, 용해된 결과 상기반응식에 의한  $\text{Al}_4\text{C}_3$ 의 양의 증가현상을 알기 위해서 X선 회절시험한 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3은 Al-4.5wt % Cu-2wt % Mg-15wt % SiCp의 시편을 850°C 및 1050°C에서 각각 2시간씩 유지한 시편의 반응생성물을 조사하기 위하



**Fig. 3** X-ray diffraction patterns of  $Al_4C_3$  in Al matrix SiC particle dispersed reinforced in Al-4.5wt.% Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiCp( $20\mu m$ ) composite.  
 (a) As of rheo-comocasting specimen (b)  $850^\circ C \times 2hr$  holding (c)  $1050^\circ C \times 2hr$  holding

여 X선 회절시험을 행하여 그 결과를 나타낸 그림이다. X선 회절시험 결과와 미세조직의 관찰로부터, 본 연구에서 제조한 시편에 존재하는 상(phase)들은 초정Al과 공정 Si 및 SiCp입자이며

재용해 이전의 입자계면의 반응생성물인  $CuAl_2$ ,  $CuO$ ,  $MgO$  등의 화합물과 미량의  $Al_4C_3$ 가 나타났다. 저온에서는 SiCp입자 및 각 화합물들이 안정한 편이지만 상기와 같이 높은 온도에서 SiCp

입자는 서서히 분해되고 변형됨으로 인하여  $Al_4C_3$ 가 SiCp 주위에 증가하고 있는 것이 관찰되었다.

Al-2wt.%Si-2wt.%Mg-15wt.%SiCp의 시편을 채용해한 후  $750^{\circ}C$ 에서 각각 5 및 15시간 유지한 시편의 반응생성물을 조사하기 위하여 X선 회절시험을 행한 결과 채용해온도에서 유지시간이 길어짐에 따라 Al과 C가 반응하여 금속간화합물인  $Al_4C_3$  생성이 증가하였다. 이는 유지시간이 길어짐에 따라서 Al기지에 SiCp가 분해되어 탄소와 Al이 반응하여  $Al_4C_3$ 의 화합물이 증가되었기 때문이라고 생각된다.

Photo 1은 Al-4.5wt.%Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiCp의 시편을  $850^{\circ}C$ 에서 2시간 유지시킨 후 냉각시킨 시편의 현미경 조직사진이다. 사진에서

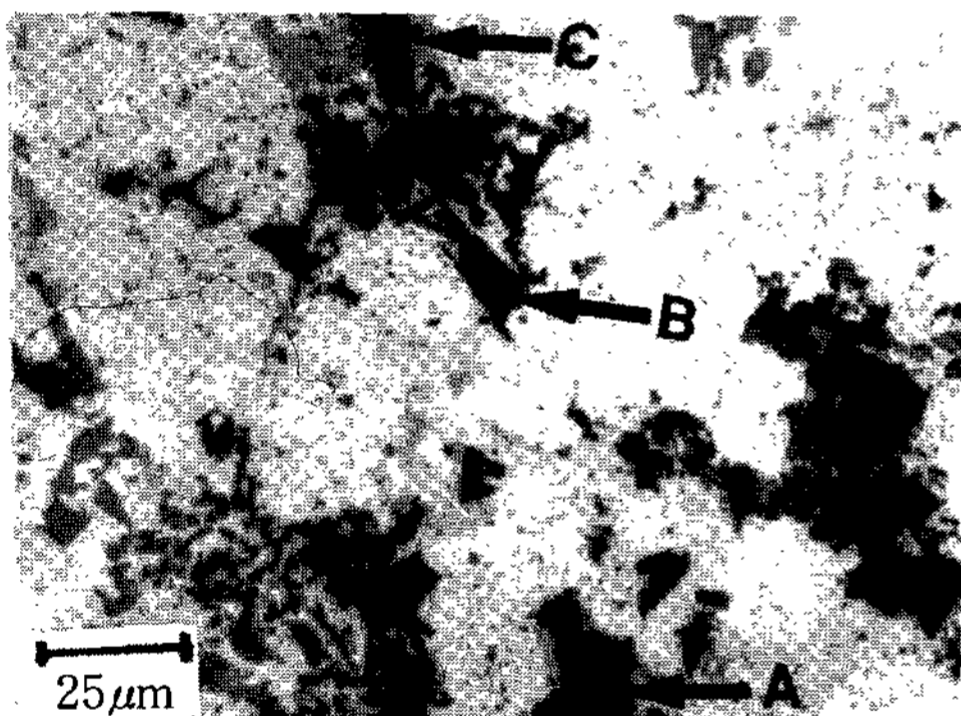


Photo 1 Optical micrographs of Al-4.5wt.%Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiCp held at  $850^{\circ}C$  for 2hr.  
A→SiC particle B→Intermetallic compound C→ $Al_4C_3$

검은 부분은 강화입자(A)들이고 입자주위에 약간 회색을 띤  $Al_4C_3$ (C) 및 검은 회색인  $Mg_2Si$ (B) 등의 금속간화합물들이 나타나 있다. 또한 사진에서 알 수 있듯이 입자들은 분해용해되어서 불규칙적인 형상을 나타내고 있다.

Photo 2는 Al-4.5wt.%Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiCp의 시편을  $850^{\circ}C$ ,  $950^{\circ}C$  및  $1050^{\circ}C$ 에서 2시간 유지시킨 시편의 SEM사진이다. (a)는 용해전의 시편사진으로서 SiCp와 기지금속의 계면에 미세공공이나 불연속적인 계면이 없으나 (b)→(d)로 온도가 증가함에 따라서 SiCp가 분해되어 미세공공이나 불연속적인 계면이 나타남을 알 수 있다. 따라서 온도가 증가함에 따라서 강화입자들이 계면반응으로 분해되어 SiCp의 원래 형상이 파괴되고 파괴된 SiCp의 일부는 분해상태로 남아있고 일부는 Al기지에 용해되었음을 알 수 있다.

Photo 3은  $750^{\circ}C$ 에서 5,10 및 15시간을 유지시킴으로 Al용탕과 SiCp의 상호반응에 의해서 생긴 free Si가 기지금속에 어떻게 고용되었는지를 SEM을 이용하여 dot mapping하여 Si image를 나타낸 사진이다. 사진 (a)는 Rheo-compcasting으로 제조한 Al-2wt%Si-2wt%Mg-15wt%SiCp의 시편의 Si image상으로서 사진에서 Si는 미세하게 하얀점으로 나타났으며 또한 하얗게 크게 나타난 것은 SiCp로서 강화입자로 시편제조시 완전히 강화입자가 분산되어 있지 않고 SiCp덩어리로 나타난 부분도 있음을 알 수 있다. (b)는 이 시편을  $750^{\circ}C$ 에서 5시간 유지한 시편으로 Si image가 더욱 많이 나타나 있음을 알 수 있다.

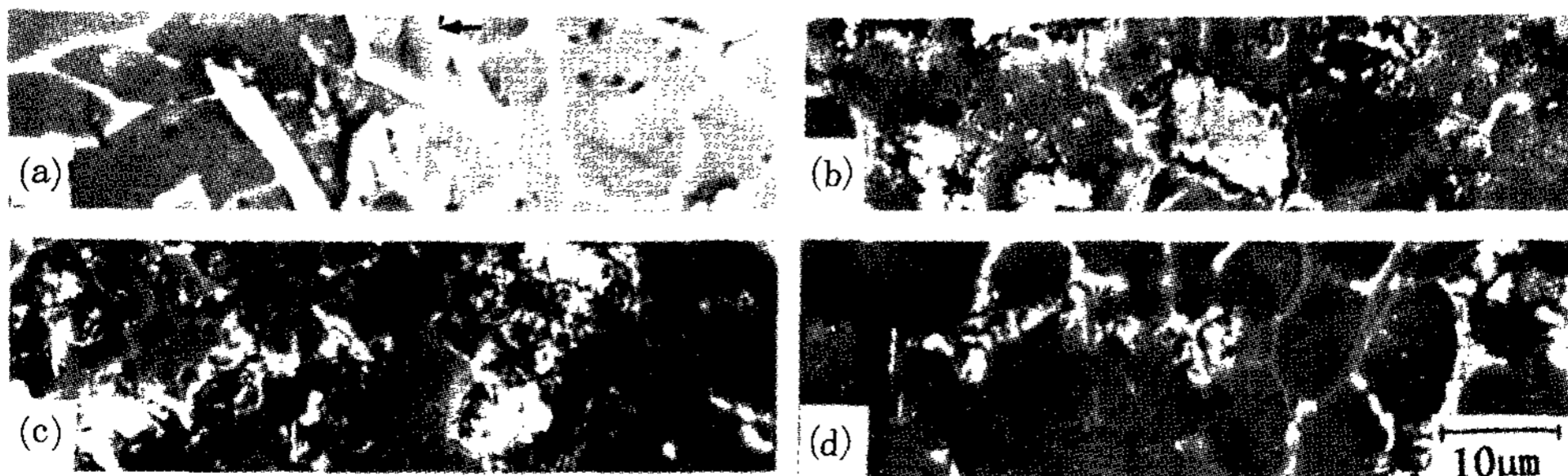
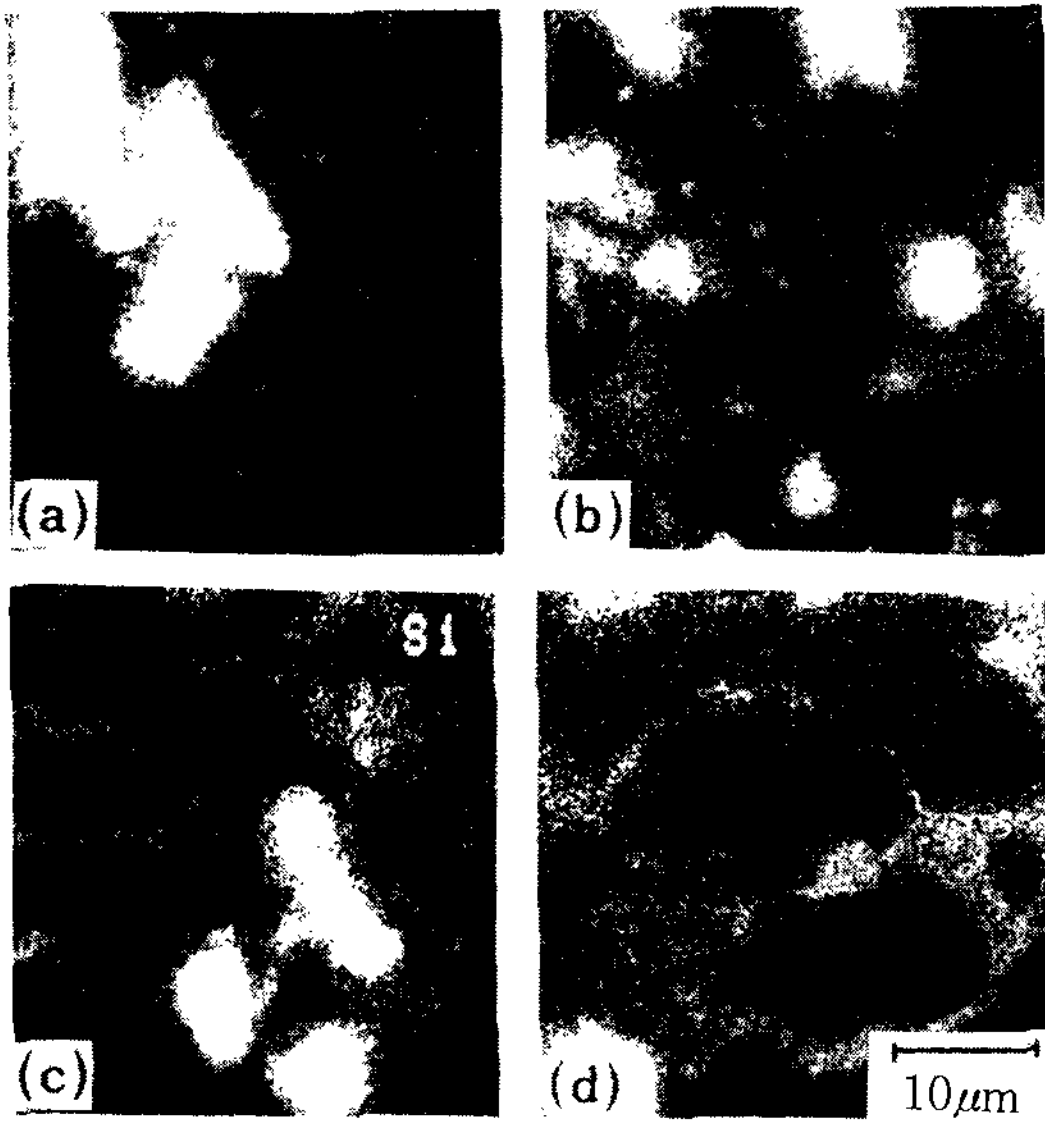


Photo 2 SEM micrographs showing decomposed and dissolved process of SiC particle in Al-4.5wt.%Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiC melt with various temperature for 2hr.  
(a) As of rheo-compcasting specimen (b)  $850^{\circ}C$  (c)  $950^{\circ}C$  (d)  $1050^{\circ}C$





**Photo 3** SEM micrographs showing Al matrix with riching of Si due to dissolution of Si from SiCp with holding time at 750°C in Al-2wt.%Si-2wt.%Mg-15wt.%SiC(Particle size : 20µm).  
 (a) As of rheo-comocasting specimen  
 (b) 5hr holding (c) 10hr holding  
 (d) 15hr holding

이것은 750°C에서 5시간 동안 유지하였을 때 SiCp가 분해용해되어서 (a)보다 더 많은 Si이 기지로 용해되고 고용되어 있으므로 많은 image가 나타나 있고 또한 SiCp 주위에 Si이 농축되어 있음을 알 수 있다. 그리고 유지시간을 더욱 증가시켜 10, 15시간을 유지할 결과 사진 (c), (d)와 같이 기지에서 더욱 많이 Si image상을 얻을 수 있었다. 특히 사진 (d)에서는 SiCp주위에 공정 Si이 더욱 많이 나타나 있음을 알 수 있었다. 따라서 유지시간이 길어짐에 따라 기지 Si의 image는 증가되었으며 또한 SiCp의 크기가 처음보다 작아지며 둥글게 나타나 있다. 이것은 앞서 언급한 바와 같이 SiCp가 Al용탕내에서 분해용해되어 free Si와 C가 기지에 용해되어 짐에 따라서 형태와 크기가 변하게 됨을 알 수 있었다.

Al-4.5wt.%Cu-2wt.%Mg-15wt.%SiCp의 시편을 750°C, 850°C 및 950°C에서 각각 2시간 유

지한 후 기지에 Si의 용질분포가 어떻게 나타나 있는지를 SEM을 이용하여 선분석한 결과 용해전의 시편의 SiCp 부분에서 Si의 peak가 크게 나타나고 SiCp 주위에서는 Si의 peak가 나타나지 않았으나 온도를 증가시킴에 따라 SiCp주위의 Si의 peak가 상당히 나타나기 시작하여 더욱 높은 온도에서는 작은분포로 많이 나타나 있는 것을 알 수 있었다. 이것은 SiCp가 Al용탕안에서 분해 및 용해되어서 SiCp 주위에 서서히 확산되어짐으로써 Si의 peak가 나타남을 알 수 있다. 따라서 온도의 증가에 따라서 SiCp 자체의 Si peak는 줄어들고 상대적으로 SiCp 주위에 Si peak 증가함을 알 수 있어서 온도의 증가에 따라서 SiCp의 분해 및 용해가 진행되어 계면에서 Si이 증가함을 알 수 있고 더욱 유지시간이 길어짐에 따라서 기지로 고용되어졌음을 알 수 있었다.

Photo 4는 SiCp 주위에 어떤 화합물의 미세조직이 구성되어 있는 지를 알기 위해서 주사전자현미경으로 관찰하고, 또한 Al, Mg 및 Si을 점분석한 것이다. 사진에서 알 수 있는 바와 같이 SiCp 주위에 Mg, Si이 많이 분포되어 있었다. 사진 (a)에서 Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>, Mg<sub>2</sub>Si 등의 화합물이 형성되어 있는 것을 관찰할 수 있었다.

또한 시편을 750°C, 850°C, 950°C 및 1050°C에서 2시간 유지하였을 때 SiCp 주위에 C의 농도가 어떻게 분포되어 있는가를 조사하기 위한 Si 및 C의 EPMA선분석을 한 결과 온도가 높을수록 C이 SiCp 주위에 농축되어 있다는 것을 알 수 있었고 따라서 Photo 4 (a)에서 SiCp 주위의 혼합물은 Mg<sub>2</sub>Si, Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub>가 주종을 이루고 있음을 추측할 수 있었다.

Fig. 4는 용해온도변화에 따른 SiCp의 단위면적당 평균면적률을 고찰하였다. 온도가 높아짐에 따라서 분해 및 용해가 진행되어 SiCp의 평균면적률이 감소하는 것을 알 수 있었다. 따라서 온도가 높아지면 SiCp가 분해, 용해되어 SiCp고유의 성질을 잃어버리기 때문에 SiCp 강화효과가 현저히 저하되지만 Si의 증가로 인하여 기지에 Si이 재고용되어 기지경도는 증가하였다.

Fig. 5는 온도변화에 따라 경도변화를 고찰한 것이다. 대체적으로 850~950°C까지는 SiCp와 Al기지 사이에 용해 반응이 활발하게 진행되어

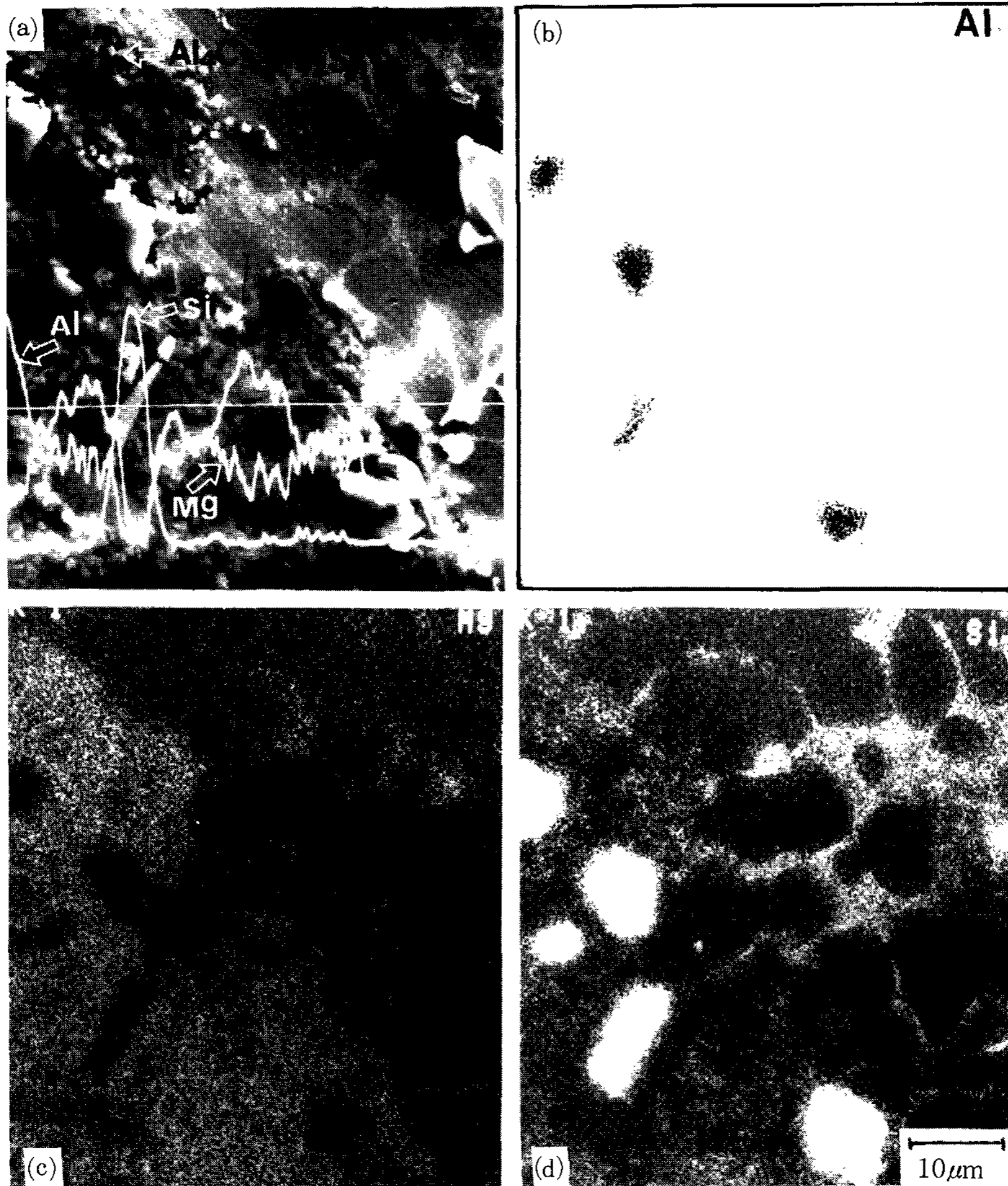
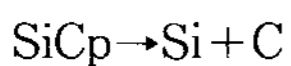
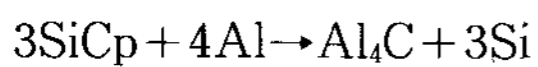


Photo 4 SEM photographs of  $Al_4C_3$  and  $Mg_2Si$  aggregates at interface between SiCp in Al-2wt.%Si-2wt.%Mg-15wt.%SiCp(20 $\mu$ m) composites

(a) Al, Si, Mg linear (b) Al image (c) Mg image (d) Si image

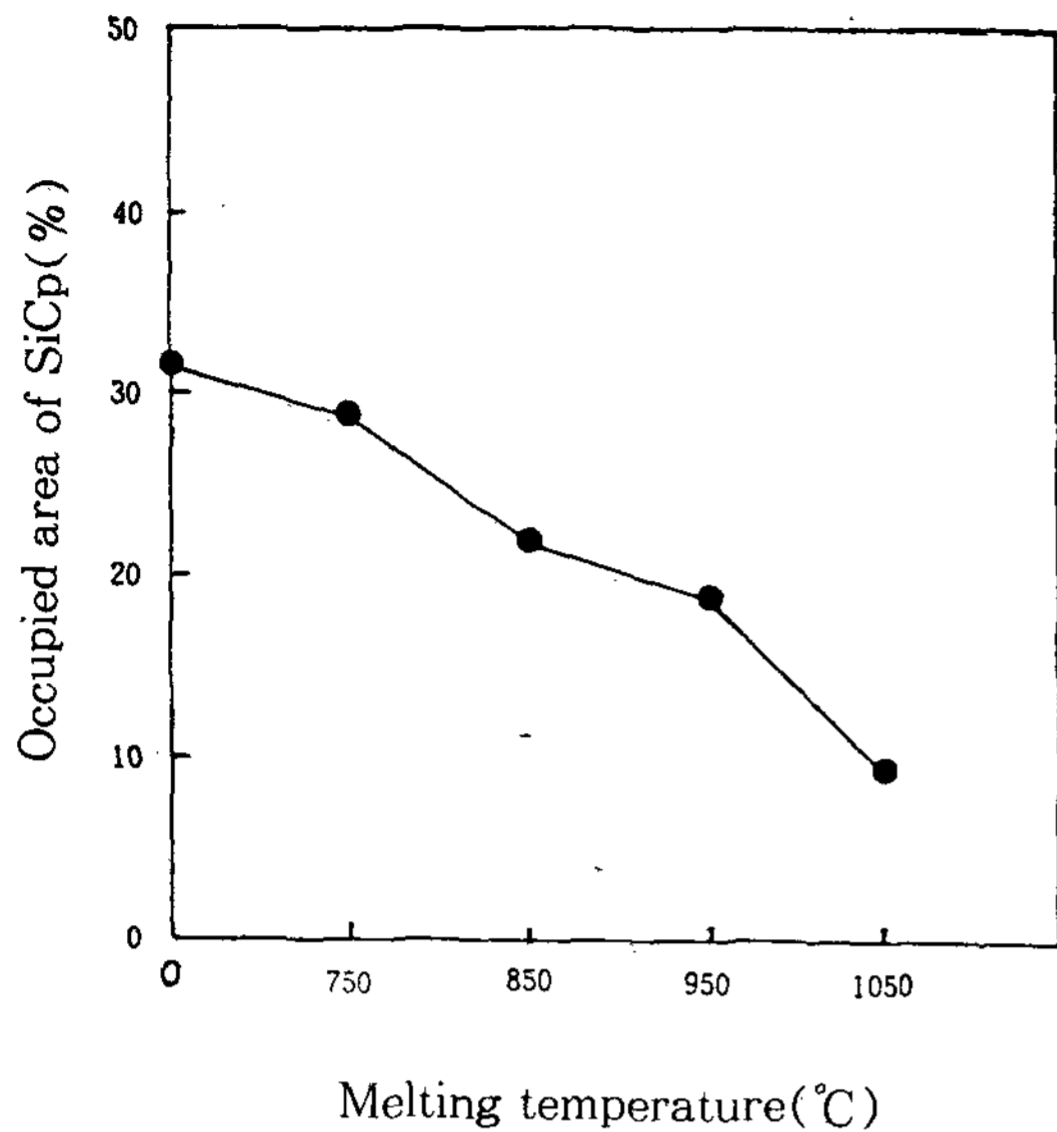
경도가 급격히 증가하다가 그 이상에서는 둔화되는 경향을 볼 수 있는데, 이는 온도가 증가함에 따라서 SiCp에서 Si가



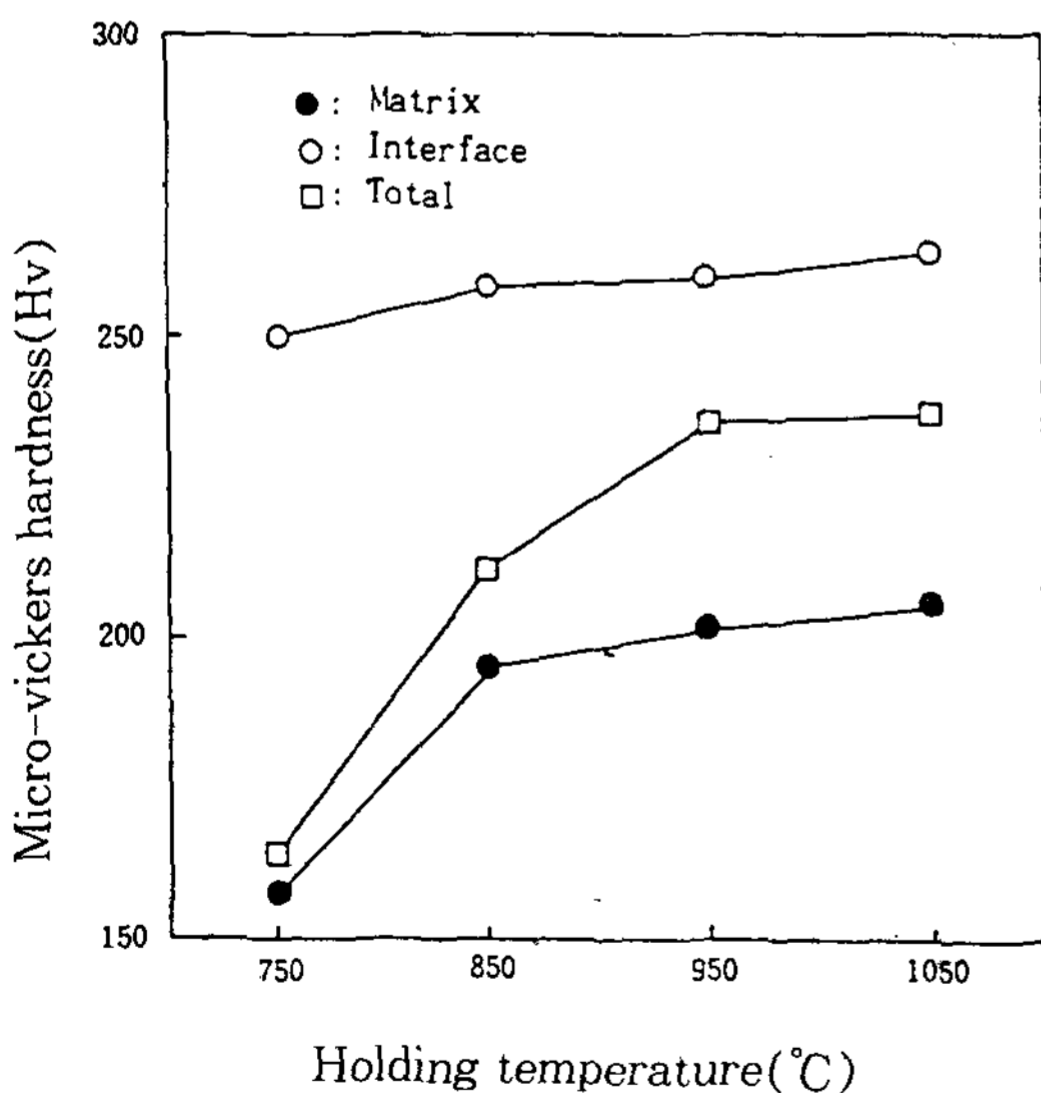
$4Al + 3C \rightarrow Al_4C_3$ 의 형태로 분해되어 950 $^{\circ}C$ 까지는 기지와 계면에 Si가 균일하게 확산되어 경도가 증가하다가 점진적으로 SiCp가 그 형태를 잃고 Mg, Si 등의 화합물이 불균일하게 편재

되면서 SiCp가 분해된 자리에 일부 기공과  $Al_4C_3$ 와 같은 저해원소의 생성이 증가되어 전체적인 경도증가 경향이 다소 둔화되었음을 알 수 있었다.

또한 750 $^{\circ}C$ 에서 각각 5hr, 10hr, 15hr 유지한 시편의 미소경도변화도 유지시간이 증가함에 따라서 변화하였으며, SiCp계면에  $Mg_2Si$ 와 같은 반응생성물들이 존재함으로써 기지의 경도에 비하여 입자주위의 경도가 모두 높게 나타남을 알 수



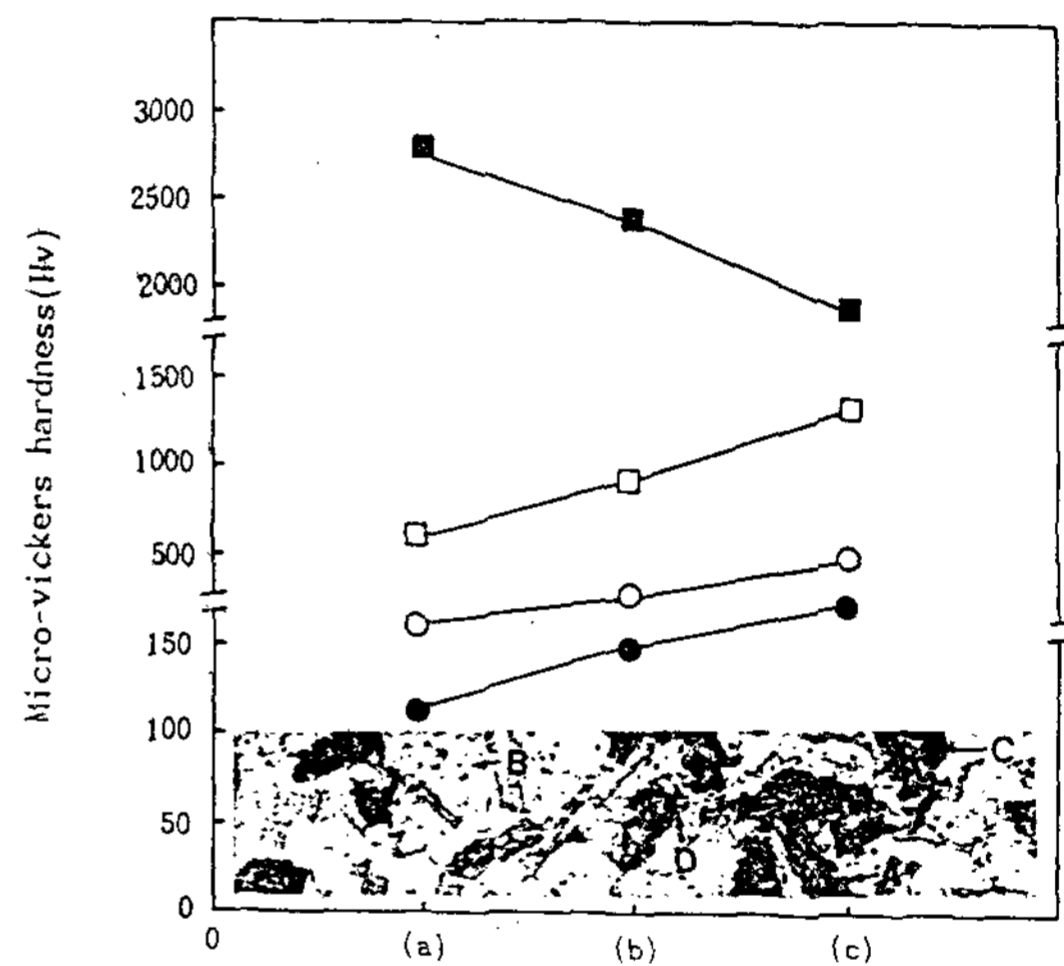
**Fig. 4** The variation of average area of SiC particles per unit area with 2hr holding temperature (Particle diameter : 20 $\mu$ m, fraction of solid 60% and particle contents 15wt.%)



**Fig. 5** The variation of micro-vickers hardness with various heat treatment temperature for 2 hours. (composition : Al-4.5wt.% Cu-2wt.% Mg-15wt.% SiCp, particle size : 20 $\mu$ m)

있었다.

Fig. 6은 본 실험에서 Rheo-compocasting으로 제조한 시편상태(a)의 시편을 950°C에서 2hr (b), 8hr(c) 유지후에 기지, 계면, 금속간화합물 및 SiCp의 경도를 나타낸 그림이다. SiCp 자체의 경도는 유지시간이 증가됨에 따라서 현저히 경도가 저하되는데 이는 SiCp의 분해가 그 원인이라고 생각되며 이때 분해된 Si 때문에 기지금속 및 계면에 생성된 화합물은 Si고용강화로 인해 경도가 증가되었음을 알 수 있었다.



**Fig. 6** Hardness changes in the different specimen(a, b, c) prepared by various holding time at 950°C (Composition : Al-2wt.% Si-3wt.% Mg-15wt.% SiCp) (a) As of rheo-compocasting specimen (b) 950°C × 2hr (c) 950°C × 8hr  
 ● : Matrix ○ : Interface  
 □ : Intermetallic compound  
 ■ : SiC particle

#### 4. 결 론

SiCp 입자강화 Al기 복합재료에 있어서 재용해온도와 유지시간에 따라서 SiCp의 분해 및 용해거동이 계면과 기지의 미세조직에 어떤 영향을 주는지를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.



1) SiCp는 Al기지금속에 재용해온도가 증가함에 따라 Al과 상호반응하여 Si과 C로 분해용해되고, C는 Al과 반응하여  $Al_4C_3$ , Si은 Mg과 반응하여  $Mg_2Si$ 의 금속간 화합물을 형성하였다.

또한 750°C에서 유지시간이 증가함에 따라서도 기지에 SiCp가 분해용해되었고 일부는 SiCp 주위에 농축되어  $Al_4C_3$ ,  $Mg_2Si$  등의 화합물을 형성하였다.

2) Rheo-compcasting한 시편을 다시 750°C 이상의 온도로 재용해한 결과 SiCp는 분해되어 그 경도는 점차 감소하였고 기지와 계면의 경도는 950°C까지는 증가하였으나 그 이상에서는 대체적으로 일정하였다. 이와같이 950°C까지의 계면에서 경도 증가원인은  $Mg_2Si$  및  $Al_4C_3$ 와 같은 반응생성물들의 양이 증가하였기 때문이다. 이러한 현상은 일정한 재용해온도에서 유지시간이 증가함에 따라서 일어남을 알 수 있었다.

3) Al/SiCp 복합재료의 제조시 복합재료의 물성의 열화를 방지하기 위하여 SiCp의 분해, 용해가 일어나지 않도록 재용해온도를 낮게, 유지시간을 짧게 하여 주어야 한다.

### 후 기

본 연구는 1992년 급속응고신소재 연구소의 지원으로 행하여졌으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. A. Sato, R. Mehrabin : Metall. Trans., 7B (1976) 443
2. K. Dkimoto and T. Satoh : Inter. J. Power. Mat., 23 (1987) 163
3. 今川耕治, 長田純夫 : 金屬, 8 (1981) 10
4. F. A. Badia et al : AFS Trans., 77 (1969) 402
5. Denoath, R. T. Bhat and P. K. Rohatgi : J. Mater. Sci., 15 (1980) 1241
6. A. Munitz, M. Metzger and R. Mehrabain : Metall. trans., 10A (1977) 1419
7. 박익민, 신광선, 윤의박 : 주조, 9 (1989) 411
8. 김정근, 박세윤 : 대한금속학회지, 22 (1984) 185
9. 최정철 : 주조, 10 (1990) 35
10. 심상한, 정왕근, 박익민 : 주조, 10 (1990)
11. 이학주, 홍준표 : 주조, 11 (1991) 126
12. L. F. Mondolfo : Aluminum Alloys : Structure and Properties, Butterworths, London (1976) 311
13. S. D. Peteves and P. Tambuyser : J. Mater. Sci., 25 (1990) 3765