

무가압함침법에 의한 SiCp/AC8A 복합재료의 제조 및 특성

김재동* · 고성위**

Fabrication and Characteristics of SiCp/AC8A Composites by Pressureless Metal Infiltration Process

J.D.Kim and S.W.Koh

Key Words : SiCp/AC8A Composites, Pressureless Metal Infiltration Process, Hardness, Bending Strength, Particle Size, Mg

ABSTRACT

The SiCp/AC8A composites were fabricated by the pressureless metal infiltration process successfully. The effect of additional Mg, which were mixed with SiC particles to promote interfacial wetting between the reinforcement and matrix alloy, and particle size on the mechanical properties was investigated. By increasing the additional Mg content the hardness of SiCp/AC8A composites was increased due to the hard reaction products, but the bending strength was decreased by the excess reaction of Mg and high porosity level when the additional Mg content is over 7%. The Hardness and bending strength was increased by decreasing the size of SiC particle.

1. 서 론

MMC의 제조에 있어서 가장 중요한 것은 강화상과 기지금속 간의 불량한 젖음성을 해결하는 것과 강화상을 기지금속 속으로 균일하게 분산시키는 데 있다. 액상 MMC 제조법에서는 강화상의 첨가전 가열 또는 표면처리, 활발한 교반작용, 가압에 의한 방법 등에 의해 젖음성의 향상과 균일 분산을 도모하고 있는데, 최근 금속주조법을 이용한 이들 액상제조법과는 개념을 달리한 무가압함침법 (pressureless metal infiltration process)에 의한 MMC 제조법에 대한 연구가 기대를 모으고 있다[1-5]. 이 방법은 기지금속에 반응원료를 첨가하여 반응생성물을 형성·분산시켜 교반이나 가압이 없이도 젖음성 및 균일분산을 향상시키는 제조법으로, 기지와 세라믹강화상 사이의 계면젖음성을 증진시키기 위해 주된 반응원료로 Mg를 사용하고 있다

본 연구에서는 무가압함침법에 의해 상용의 AC8A합금에 SiC입자의 부피분율이 20%인 SiCp/AC8A복합재료를 Mg의 첨가량과 강화상의 크기를 변화시켜 제조하였으며, 기계적 성질에 미치는 Mg의 첨가량과 강화상 크기의 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

2.1 복합재료의 제조

본 연구에 사용된 기지재료는 내연기관의 피스톤 재료로 주로 사용되는 주조용 AC8A 합금을 사용했고, 강화상은 평균입경이 각각 26 μ m, 38 μ m 및 100 μ m인 3종류의 SiC입자를 사용하였고, 기지재에 대한 강화재의 부피분율(Vf)은 20%로 일정하게 조성하였으며, 기지재의 SiC입자 속으로 무가압함침을 위한 반응원료로 전체 기지 조성에 대하여 3 ~ 10wt%의 Mg를 SiC입자에 첨가하였다. 또한 제조된 복합재료와 기지재료의 열처리에 의한 미세조직 및 물성치의 변화를 조사하기 위하여, 520 $^{\circ}$ C에서 3시간 용체화처리한 후 소입시키고, 170 $^{\circ}$ C에서 8시간 시효처리 하였다.

* 경상대학교 해양산업연구소

** 부경대학교 기계공학부

2.2 미세조직

제조된 복합재료는 정밀연마 후 0.5% HF로 약 10초 동안 부식시킨 후 광학현미경 및 SEM으로 강화상의 분산상태와 미세조직을 관찰하였으며, 아르키메데스의 원리를 이용한 비중계로 밀도를 측정하고 혼합법칙에서 얻어진 이론밀도로부터 기공율을 계산하였다.

2.3 기계적 성질

기계적 성질은 #1000 사포로 최종 연마된 크기 $6 \times 8 \times 35\text{mm}^3$, 스펀 길이가 30mm인 시험편에 대하여 만능재료시험기를 이용해 크로스헤드 속도 0.5mm/sec로 3점굽힘시험을 하여, 굽힘강도(σ_f), 굽힘탄성계수(E) 및 굽힘과단변형율(ϵ_f)을 구하였다. 경도의 측정은 3점굽힘시험 후의 시험편을 마이크로 비커스경도기로 압입하중 500g, 유지시간 10초의 조건으로 각각 12부위 측정하여 최상값 및 최하값을 제외한 평균치로 구하였다. 굽힘시험 후의 파단면은 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 미세조직

그림 1은 평균입경이 각각 100, 38, 26 μm 인 SiC 강화상에 3wt%의 Mg을 혼합한 혼합분말 속으로 기지재인 AC8A합금을 무가압하에서 침투시켜 제조한 SiC/AC8A 복합재의 미세조직을 광학현미경으로 관찰한 것이다. 기존의 고압주조법이나 용탕교반법에서와 같은 가압이나 교반을 하지 않았음에도, 강화상의 입경에 관계없이 용융금속이 입자 사이로 자발적으로 침투하여 뭉침이 없이 비교적 균일하게 강화상이 분산된 것을 알 수 있다.

3.2 기계적 성질

3.2.1 Mg 첨가량의 영향

표 1은 본 실험에서 사용한 기지재료를 반응원료로 3wt%의 Mg을 SiC입자에 혼합한 혼합분말에 침투시켜 제조한 SiCp/AC8A복합재료의 경도 및 3점굽힘시험에 의한 기계적 성질의 결과를 나타냈다. 복합재료의 경도는 SiC 입자의 첨가에 의해 기지재료에 비해 약 40%의 증가를 보이고 있으나, 강도는 기지재료에 비해 약간 감소하는 것으로 나타났다.

그림 2는 Mg 첨가량에 따른 복합재료의 경도와

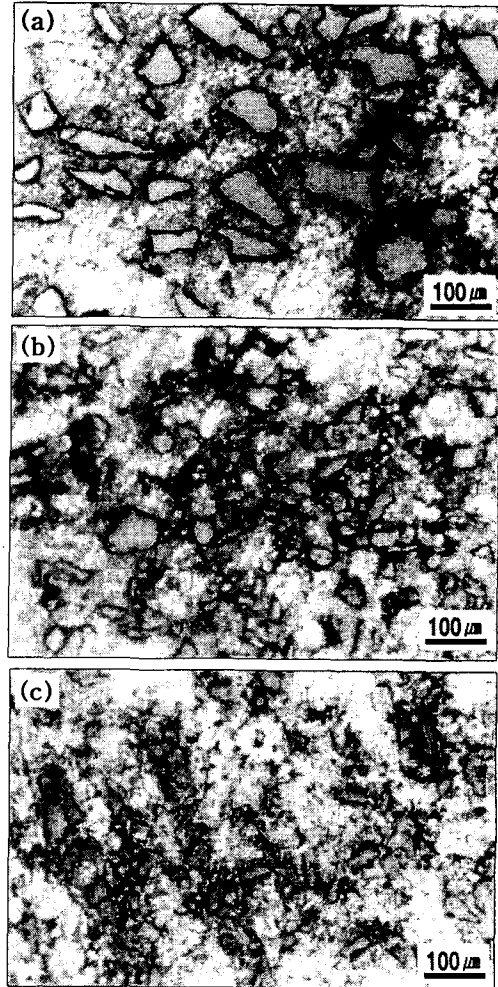


Fig. 1 Optical micrograph showing the distribution of SiC particles according to the particle size : (a) 100 μm , (b) 38 μm , (c) 26 μm SiC particle reinforced composite

굽힘강도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 Mg 첨가량의 증가에 의해 경도는 점진적으로 상승하나, 강도는 첨가량이 7wt% 이상에서는 감소하는 것을 알 수 있다.

Table 1 Mechanical properties of AC8A alloy and SiCp/AC8A composites

Material	Mean particle size(μm)	Hv	σ_f (MPa)	E (GPa)	ϵ_f (%)
AC8A	-	111.8	375.1	18.9	4.23
AC8A-HT	-	124.7	451.5	21.4	4.61
SiC/AC8A	38	157.8	335.0	27.1	1.23
SiC/AC8A - HT	38	186.8	400.8	29.4	1.30

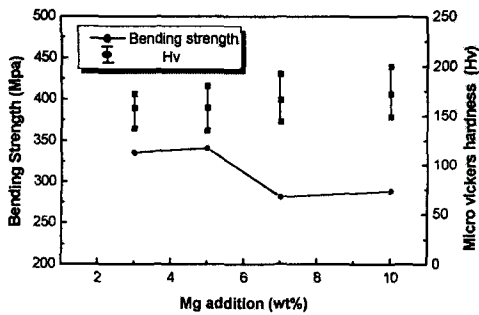


Fig. 2 Bending strength and hardness of SiCp/AC8A composites with increase of addition of Mg

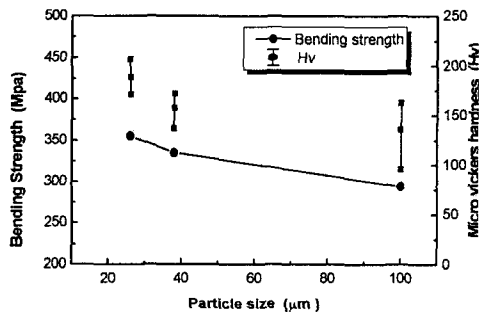


Fig. 3 Bending strength and hardness of SiCp/AC8A composites with change of particle size

3.2.2 입자크기의 영향

그림 3은 입자크기에 따른 복합재료의 기계적 성질 변화를 나타냈다. 그림에서 강화상 입자의 크기가 작아짐에 따라 경도와 강도는 상승하는 것을 알 수 있으며, 입경이 큰 100μm의 SiC 입자로 강화된 복합재료의 경우 강도가 상당량 감소하는 것을 알 수 있다.

3.2.3 파면 조사

그림 4는 기지재료로 사용한 AC8A합금과 강화상의 평균입경이 각각 100μm 및 38μm인 SiCp/AC8A복합재료의 3점굽힘시험에 의한 대표적인 파단면의 형태를 보이고 있다. AC8A합금의 경우(a) 작고 많은 덩플이 보이는 전형적인 연성파괴를 보이고 있으며, 강화상의 평균입경이 100μm인 SiCp/AC8A 복합재료의 경우(b) 입자의 계면이 분리되고 강화입자가 뽑혀나간 매우 취약한 계면을 보이며 취성파괴된 파단면을 보이고 있다. 한편 강화상의 평균입경이 38μm인 SiCp/AC8A복합재료의

경우(c) 기지내에서 소성변형이 일어나고 파괴된 입자가 보이는 것을 알 수 있다. 강화상의 평균입경이 38μm인 SiCp/AC8A복합재료의 경우(c) 입자에 기지재가 붙어있고 국부적인 기지재의 덩플이 보이는 것을 보아 계면결합이 좋은 것을 알 수 있으나 거시적으로는 취성파괴거동을 보이고 있다.

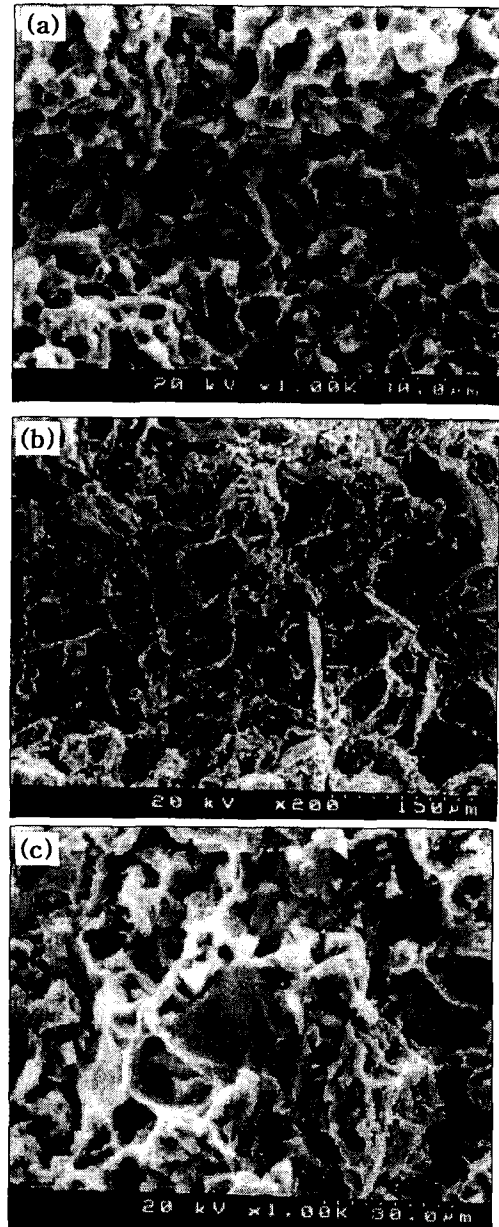


Fig. 4 SEM fractograph of AC8A alloy and SiCp/AC8A composites : (a) AC8A alloy, (b) SiCp/AC8A composite (average particle size 100μm), (c) SiCp/AC8A composite (average particle size 38μm)

이상에서 알 수 있듯이 기지와 강화상의 계면은 파괴과정에서 매우 중요한 역할을 하며 강도에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

무가압침침법에 의한 SiCp/AC8A 복합재료의 제조시 Mg의 첨가량과 강화상 크기의 변화가 기계적 성질에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. SiC 강화상에 Mg분말을 조합한 혼합분말에 기지재료인 AC8A 합금을 무가압침침시켜, 양호한 미세조직을 갖는 SiCp/AC8A 복합재료를 제조하였다.
2. Mg 첨가량의 증가에 의해, SiCp/AC8A 복합재료의 경도는 증가하였으나, 굽힘강도는 7% 이상 첨가시 저하하였다.
3. 강화입자의 크기가 작아짐에 따라, 경도와 굽힘강도는 상승하였다.
4. 강화상의 입자가 $100\mu\text{m}$ 인 SiCp/AC8A 복합재료의 경우 계면이 분리되고 입자가 뿔혀나간 취약한 계면을 보인 반면, 입경이 $38\mu\text{m}$ 인 SiCp/AC8A 복합재료의 경우 기지내에서 소성변형이 일어나고 입자파괴가 많은 것으로 보아 계면 결합이 좋을 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. Urquhart, A. W., "Novel reinforced ceramics and metal : a review of Lanxide's composite technologies", Mat. Sci. & Eng., Vol. A144, 1991, pp.75-82.
2. Aghajanian, M. K., Rocazella, M. A., Burke, J. T. and Keck, S. D., "The fabrication of metal matrix composites by pressureless infiltration technique", J. of Mat. Sci., Vol.26, 1991, pp.447-454.
3. Aghajanian, M. K., "Reinforced Aluminum Metal Matrix Composites Via Pressureless Metal Infiltration", Research Guideline for Aluminum Product Application in Transportation and Industry : ASME Workshop, 1993, pp.45-53.
4. Aghajanian, M. K., Langensiepen, R. A., Rocazella, M. A., Leighton, J. T. and Anderson, C. A., "The effect of particulate loading on the

mechanical behavior of Al₂O₃/Al Metal-Matrix composites", J. of Mat. Sci., Vol.28, 1993, pp. 6683-6690.

5. Nakata, H., Chou, T. and Kanetake, N., "Development of Spontaneous Infiltration in-situ Production Process for Fabrication of Particulate Reinforced Aluminum Composites", J. of Japan Inst. of Met., Vol.58(7), 1994, pp.803-809.