

## 초음파를 이용한 비파괴방법에 의한 SiC/AC8A 금속 복합재료의 미세조직 평가

박영철\*, 윤두표\*\*, 이규창\*\*\*

\* 동아대학교 기계공학과

\*\* 동아대학교 기계공학과 대학원

\*\*\* 포항산업과학연구원

**요 약** 초음파법을 이용한 금속 복합재료의 비파괴 평가 방법을 확립하기 위하여 용탕단조법으로서 SiC/AC8A 합금계 금속 복합재료를 제조하였다. 이때 입자의 크기가 기계적 특성과 초음파 특성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 강화 입자의 크기를 4.86, 8.09, 11.44 $\mu$ m로 서로 다른 세 종류로 달리하였으며, 또한 강화 입자 함유량이 초음파 특성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 각 강화 입자의 크기에 대하여 강화 입자 함유율을 14, 22.5, 27.5, 35%의 네 종류로 시료를 준비하였다. 이와 같은 시료에 대하여 기계적 성질중에서 가장 기본이 되는 탄성계수에 대하여 초음파 음속법을 이용하여 그 유효성 및 측정 정도에 대하여 검토를 하였으며 초음파 음속, 감쇠 특성을 이용한 금속 복합재료의 미세조직 평가 방법에 대하여서도 검토하였다. 그 결과, 초음파 음속법에 의한 탄성계수 측정은 기계적 시험에 의한 변형률 측정법과 같은 측정 정도를 나타낼 수 있을 정도로 유효할 뿐만 아니라 초음파 음속, 감쇠 특성을 이용하면 금속 복합재료의 조직 인자중 특히 강화 섬유 크기 및 함유율을 비파괴적으로 정도 높게 평가할 수 있다는 것을 알았다.

### 1. 서 론

최근 산업이 다양하게 발전함에 따라 보다 우수한 성능의 신재료의 개발이 필요하게 되었다. 금속 복합재료(metal matrix composite, MMC)는 기존의 금속 재료에 비하여 비강성, 비강도 뿐만 아니라, 내열성, 내마모성 등이 뛰어나 우주 항공 분야는 물론 자동차 분야 등 여러 산업 분야에 있어서 실용화가 검토되고 있다. 그러나 금속 복합재료는 제조시의 제 현상들이 대단히 복잡하여<sup>1,2)</sup> 엄격한 제조 공정 관리 및 품질 관리의 시행없이 안정된 제품을 양산하기가 대단히 어렵다. 따라서 신뢰성 높은 금속 복합재료를 안정

하게 양산하기 위하여서는, 우선 제조시의 제현상들에 대하여 충분한 연구 검토를 통하여 확립된 제품 제조 기술에 의한 엄격한 제조 공정 관리는 물론, 제조 불량률의 유무 및 재료의 물성치 등을 간편하고 신속하게 모니터링할 수 있는 신뢰성 높은 비파괴 평가 기술에 의한 엄격한 품질 관리 수법의 도입이 절실히 요구된다.

최근 활발한 연구<sup>3,4)</sup> 결과를 통하여 복합 재료의 제품 제조 기술은 어느 정도 확립되어 가고 있는 단계이다. 이에 반하여, 복합재료의 비파괴 평가법에 대한 연구는 아직 미흡한 단계이며, 특히 비파괴 수법을 이용한 기계적 성질, 조직 인자 등의 재료 특성의

평가에 대한 연구는 거의 없는 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 금속 복합재료의 비파괴 평가법에 대하여 검토하고자 한다.

초음파를 이용한 비파괴 방법<sup>5)</sup>은 대표적인 비파괴 평가법으로, 제조된 제품의 전수의 검사가 가능하므로 제품의 신뢰성이 불가결한 복합재료의 비파괴 평가에 대단히 적당한 평가 방법의 하나라 할 수 있다. 그러나 초음파를 이용한 비파괴 방법은 종래의 균질 등방 재료의 측정을 전제로 하는 탄성원리를 기초로 하고 있으나 최근의 다른 연구자들에 의해 초음파 측정에서 재료는 균질, 비등방성으로 취급될 수 있다는 연구 결과<sup>6-12)</sup>가 나타난 바 있다. 따라서 금속 복합재료와 같이 미시적(micro)으로 불균일한 재료에 적용할 경우, 측정 정도 및 유효성에 대한 검토가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 초음파를 이용한 비파괴법으로 금속 복합재료의 비파괴 평가 방법을 확립할 목적으로 SiC/AC8A 합금계 금속 복합재료를 시료로 하여, 기계적 성질 중에서 가장 기본이 되는 탄성계수에 대하여 초음파 음속법을 이용하여 그 유효성 및 측정 정도에 대하여 검토하였다. 아울러, 초음파 음속, 감쇠 특성을 이용한 금속 복합재료의 미세조직 평가 방법에 대하여서도 검토하였다. 그 결과, 초음파 음속법에 의한 탄성계수 측정은 기계적 시험에 의한 변형률 측정법<sup>12)</sup>과 같은 측정 정도를 나타낼 수 있을 정도로 유효하다. 뿐만 아니라 초음파 음속, 감쇠 특성을 이용하면 금속 복합 재료의 조직 인자중 특히 강화섬유의 크기 및 함유율을 비파괴적으로 정도 높게 평가할 수 있다는 것을 알았다.

## 2. 재료 및 실험 방법

### 2.1 SiC/AC8A 합금계 복합재료의 제조

본 연구에 사용된 시편의 형상을 Fig. 1에 나타내었다. 강화 입자로서는 Sika(英)회사 제품의 탄화 규

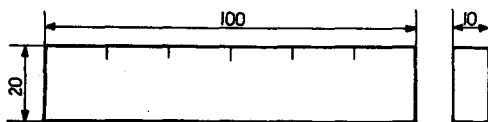


Fig. 1. Geometry dimensions of the ultrasonic test specimen (unit : mm).

소(SiC) 입자를 사용하였으며, 기지 금속으로는 JIS 규격으로 Al-Si 공정 합금인 Al 합금으로서 열팽창계수가 작아 자동차 엔진에 주로 이용되고 있는 AC8A 내열용 합금을 사용하였다. 주조 후의 기지 금속의 화학 성분 분석 결과 Table 1과 같고, AC8A 내열용 합금의 기계적 성질을 Table 2에 나타내었다. 또한 Table 3은 강화 입자인 SiC의 기계적 성질을 나타내었다.

Table 1. Chemical composition of aluminum alloy matrix (wt %)

Si	Mg	Cu	Ni	Al
12.0	1.1	1.2	1.4	84.3

Table 2. Mechanical properties of AC8A

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)	Elastic modulus (GPa)
2.67	220	140	1.3	80.6

Table 3. Mechanical properties of SiC

	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile strength (MPa)	Elastic modulus (GPa)
SiC	3.18	2	423

복합재료의 시료 제작은 예비 성형체 제조와 가압주조 공정으로 나눌 수 있다. 예비 성형체 제조는 입자에 2-3% SiO<sub>2</sub> 콜로이드(colloid)를 스프레이(spray) 분사시킨 후 일정한 형태의 틀에 넣고 가압하여 소정의 크기의 예비 성형체를 제조하였다. 이와 같이 제조된 예비 성형체를 주조에 앞서 입자 사이에 용탕의 침투를 촉진시키기 위하여, 600℃에서 1시간 동안 예열하였다. 예열된 예비 성형체를 약 300℃로 가열된 금형 내에 장착(set)시킨 후, 금형 내에 700℃의 합금 용탕을 주입한 후, 펀치(punch)를 이용하여 금형내의 용탕에 75MPa의 압력을 가압하여 시료를 제작하였다. 이때, 펀치의 이동 속도는 16mm/sec, 가압 시간은 2분으로 하였다. 금형은 복합재료 제조 후 시편의 추출을 쉽게 하기 위하여 좌우 분리형을 사용하였으며, 금형 온도는 열전대를 이용하여 조절하였다.

본 연구에서는 입자의 크기가 초음파 특성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 강화 입자의 크기가 4.86, 8.09, 11.44 μm인 세 종류의 탄화규소 입자를

사용하였으며, 또한 강화 입자 함유량이 초음파 특성에 미치는 영향을 아울러 검토하기 위하여 각 강화입자 크기에 대하여 강화 입자 함유율( $V_f$ )을 실험 목적에 따라 14, 22.5, 27.5, 35%의 네 종류로 다르게 제작하여 모두 12종류의 시료를 준비하였다. 이때 입자 크기의 측정에는 image analysis를 이용하여 SiC 입자를 화면에 놓고 대각선의 길이를 측정하여 histogram을 작성하고 평균 입자 크기(대각선 길이)를 구하였으며 표준 편차는 27.634 정도이다. 강화 입자의 밀도가 기지 금속의 밀도보다 높기 때문에 강화 입자의 함유율이 증가함에 따라 밀도도 거의 비례적으로 증가함을 알 수 있었다.

Fig. 2는 강화 입자 크기가  $11.44\mu\text{m}$ 의 각 시료에 대하여 초음파 전파 방향으로 절단한 단면에 대하여 광학 현미경으로 관찰한 조직 사진을 나타내고 있다. 강화 입자 함유율이 비교적 큰 시료에서는 입자가 기지내에 거의 균일하게 분포되어 있다. 그러나, 강화 입자 함유율이 비교적 낮은 14% 범위에서는 탄화규소 입자의 분산이 다소 불균일하게 분포되어, 곳곳에 강화 입자가 응집되어 있는 부분을 관찰할 수 있다.

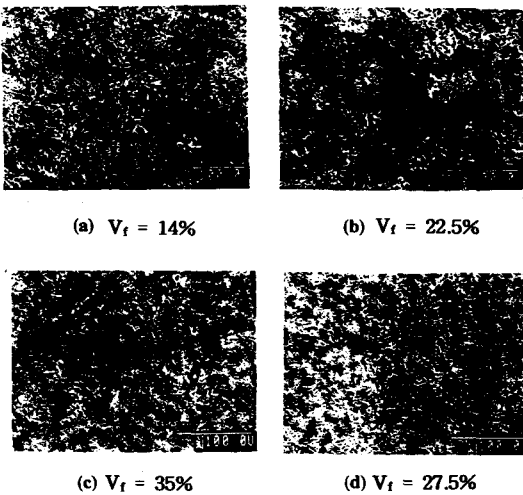


Fig. 2. Microstructure of specimen ( $11.4\mu\text{m}$ ).

제조된 공시재는 기계 가공을 한 후, 초음파 계측을 실시하였으며 초음파 계측 후의 시험편에 대하여 Fig. 3과 같이 4점 굽힘시험을 실시하여 기계적시험에 의한 탄성계수 및 프와송비를 구하여 초음파 계측에 의해 구한 탄성계수값과 비교하여 그 타당성을 비교, 검

토하였다. 한편, 초음파 음속은 하중방향과 수직인 두께 방향으로 초음파 탐촉자를 설치하여 측정하였다.

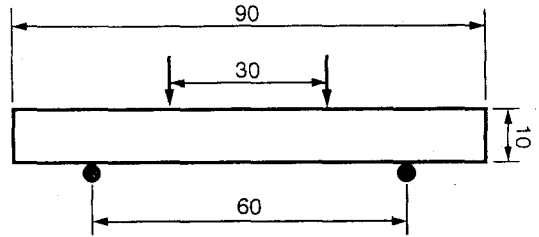


Fig. 3. Shape and dimensions of four point bending specimen (unit : mm).

### 2.2 초음파 장치와 측정 방법

제작한 SiC/AC8A 금속 복합재료에 대해서 초음파 음속, 감쇠계수에 의한 강화 입자 크기 및 함유율, 그리고 탄성 계수의 평가에 대하여 검토하였다. 본 연구에 사용된 초음파 계측 장치의 모식도는 Fig. 4와 같다.

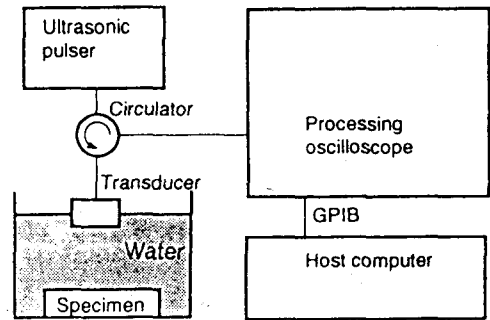


Fig. 4. Schematic diagram of ultrasonic velocity and attenuation measurement system.

초음파 계측 장치는 초음파 탐상기, 오실로스코프(digital oscilloscope), 그리고 퍼스널 컴퓨터(personal computer)로써 구성되어 있다. 여기서 탐촉자는 송신과 수신을 겸하므로 양쪽의 강한 pulse와 약한 pulse가 혼재되어 있다. 따라서 강한 pulse 때문에 측정하고자 하는 약한 수신 신호는 측정할 수 없게 된다. 이러한 것을 방지하기 위하여 circulator를 설치하였다. 또한 오실로스코프(digital oscilloscope)의 sampling rate는 225MHz이다.

본 연구에서 이용한 음속 측정 방법은 음속을 미리 알고 있는 표준 시료와 측정 시료의 표면 반사파와 저면 반사파와의 전파 시간  $\Delta t$ 를 비교하여 각 시료의  $\Delta t$  변화로부터 음속을 구하는 R-B1법을 이용하였다. 초음파 음속 측정은 두께 방향으로 탐촉자를 설치하여 측정하였으며, 사용 탐촉자는 각각 중심 주파수가 10MHz인 종파 탐촉자와 5MHz인 횡파 탐촉자를 사용하여 종파 및 횡파의 음속을 각각 측정하였다. 횡파의 음속 측정은 직접 제작한 전용 치구를 이용하여 직접접촉법에 의하여 측정하였으며 횡파 측정용 전용 매질(couplant)인 독일제 Krautkrämer GmbH Köln을 사용하였다. 또한 종파의 음속은 접촉 조건에서 오는 오차를 최소한으로 줄이기 위하여 수침법을 이용하였다. 또한 강화 입자의 분포에 따른 재료의 이방성을 검토하기 위하여 시험편의 길이 방향과 수직 방향의 두 방향에서 각각 음속을 측정하였다.

한편, R-B1법의 표준 시료로서는 탄성적으로 등방 균일 재료인 석영유리를 이용하였으며, 재료의 국부적인 불균일 정도를 고려하여 재료의 길이 방향으로 17mm 간격으로 5군데 위치에서 3회 걸쳐 한 시험편에 대해 총 15회를 측정하였다.

초음파법에 의한 탄성계수 및 프와송비의 측정은 측정된 초음파의 종파 음속( $C_l$ )과 횡파 음속( $C_t$ ), 그리고 밀도( $\rho$ )를 식(1) 및 식(2)에 대입하여 구하였고, 밀도  $\rho$ 는 아르키메데스 원리를 이용하여 구하였다.

$$E = \frac{C_l^2 [3C_l^2 - 4C_t^2]}{C_l^2 - C_t^2} \rho \dots\dots\dots(1)$$

$$\nu = \frac{C_l^2 - 2C_t^2}{2(C_l^2 - C_t^2)} \dots\dots\dots(2)$$

또한, 초음파 특성과 강화 입자 분산 특성과의 관계 검토를 위하여 음속 뿐만 아니라 감쇠 특성의 측정도 수행하였다. 감쇠 측정에는 10MHz의 종파 탐촉자를 사용하여 수침법을 이용하여 측정하였다. 또한, 감쇠 특성 평가에 사용한 파라메타로서는 시료 저면에서 반사되는 2회 저면 반사파 강도( $B_2$ )와 3회 저면 반사파 강도( $B_3$ )의 비를 전파 거리 차이인  $2t$ 를 규격화한 식(3)에 의해서 감쇠 파라메타  $\alpha$ 로 정량화하여 평가하였다.

$$\alpha = 20 \log(B_2/B_3)/2t \dots\dots\dots(3)$$

한편, 기계적 실험에 의한 탄성계수 및 프와송비

의 측정에는 굽힘시험을 이용하였으며, Fig. 3에서 보는 바와 같이 계측을 완료한 시험편은 4점 굽힘 시험을 실시하여 탄성계수 및 프와송비를 구하여 초음파법에 의한 값과 비교, 검토하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 5는 본 연구의 초음파 시스템을 이용하여 강화 입자 함유율( $V_f$ )이 다른 각 시료에 대하여 계측된 각 수신 신호의 변화를 측정한 결과이다. 초음파 탐촉자에서 발신된 초음파가 시료 중에서의 전파 모형은 그림 (a)에서 보는 바와 같다. 즉 발신된 초음파가

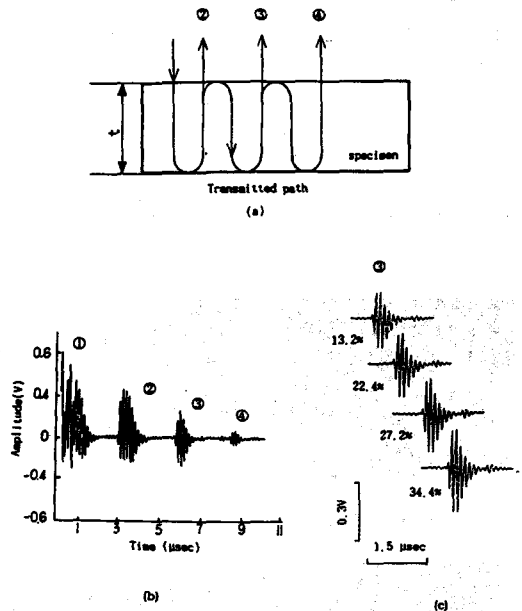


Fig. 5. Received echoes for acoustic measurements.

시료중을 전파함에 따라 CRT상에는 (b)와 같이 여진 펄스(pulse)①에 이어서 시료의 1회 저면반사파 ②와 2회 저면 반사파 ③, 그리고 3회 저면 반사파④를 각각 관찰할 수 있다. 각 저면 반사파의 강도가 이와 같이 ②에 비하여 ③, ④가 저하되는 것은 초음파가 시료중을 전파함에 따라 감쇠가 일어나기 때문이다.

한편, 이와 같이 ②, ③, ④ 등의 각 수신파형들이 강화 입자 함유율( $V_f$ )에 따라서 어떻게 변화하는가에 대하여 검토한 결과는 (c)와 같다. 각 저면 반사파 ②,

③, ④는 시료를 통과한 후 얻어지는 파형이므로, 출현 위치와 신호 강도는 입자 함유율( $V_f$ )에 따라 그림 (c)에서 보는 바와 같이 달라지나, 파형의 형상만은 입자 함유율( $V_f$ )에 관계없이 항상 동일한 형상을 나타내고 있다. 따라서, 본 연구에서와 같이 강화 입자 함유율이 다른 시료에 대하여 초음파 음속 및 감쇠 특성을 이용하여 복합 재료의 조직 및 물성을 평가할 경우 이와 같이 각 저면파의 파형의 형상이 입자 함유율( $V_f$ )에 관계없이 어떤 시료에서도 항상 동일한 형상의 파형을 가지고 있으므로 각 시료의 음속 및 감쇠 특성은 보다 정확하게 측정할 수 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 횡파 음속을 이용하여 함유율을 평가한 결과이다. 본 연구에서는 재료의 이방성에 대하여 보다 상세하게 검토하기 위하여 횡파의 음속 측정을 시료의

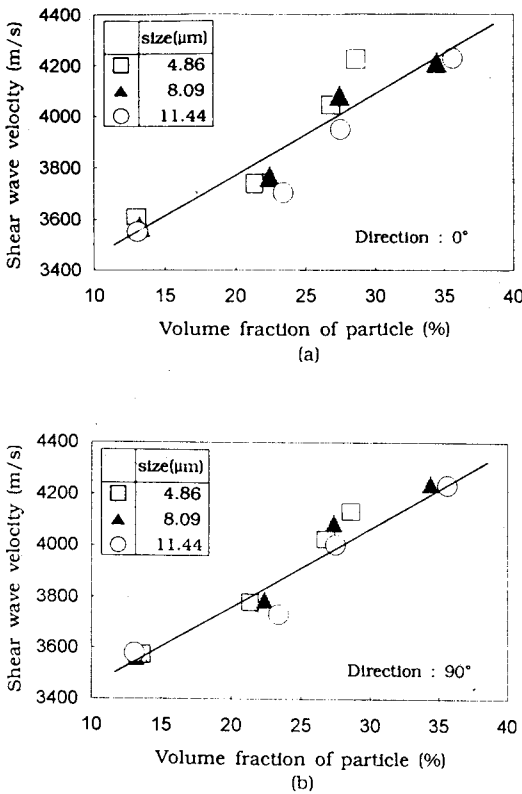


Fig. 6. Relations between shear wave velocities and volume fraction of particle.

길이 방향과 직각 방향의 두 방향에서 각각 측정하여 (a), (b)로 정리하였다. 그림에서 보는 바와 같이 횡파의

음속은 (a)와 (b)의 두 방향의 측정 결과 모두 강화 입자 함유율이 증가함에 따라서 선형적으로 증가하여, 횡파 음속과 강화 입자 함유율의 사이에는 강한 상관 관계가 있음을 알 수 있다. 그러나 이에 비하여 강화 입자 크기와는 아무런 상관 관계가 없음을 알 수 있다.

한편, 재료의 이방성에 대해 검토하기 위하여 (a)의 0° 방향의 측정 결과와 (b)의 90° 방향의 횡파 음속의 측정값을 비교하여 보면, 본 연구의 복합 재료에서 그림에서 보는 바와 같이 (a), (b)의 두 방향에서의 음속 측정값이 0.1%~0.6%의 범위내에서 거의 같은 값을 나타내고 있으므로 재료 이방성은 거의 나타나지 않은 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 각 시료에 대하여 종파의 음속을 이용하여 강화 입자 함유율을 평가한 결과이다. 종파의 음속도 Fig. 6의 횡파의 음속 결과와 마찬가지로 강화 입자 함유율과 종파 음속 사이에는 강한 상관 관계를 나타내어 입자 크기에 관계없이 강화 입자의 함유율이 증가함에 따라 선형적으로 증가하여 종파의 음속과 강화 입자 함유율 사이에는 선형적인 비례 관계가 있음을 알 수 있다.

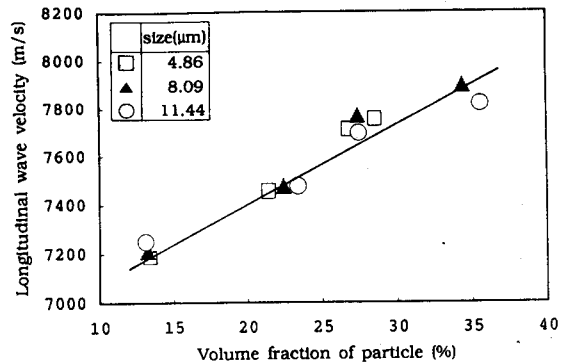


Fig. 7. Relations between longitudinal wave velocities and volume fraction particle.

Fig. 8은 강화 입자의 크기가 초음파 음속에 미치는 영향을 보다 상세하게 검토하기 위하여 강화 입자 크기와 초음파 음속과의 관계를 정리한 결과이다. (a)는 종파의 음속과 강화 입자의 크기, 그리고 (b)는 횡파의 음속과 강화 입자의 크기와의 관계를 정리한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 횡파, 종파의 음속 모두 입자 크기와는 아무런 상관 관계를 나타내지 않음을 알 수 있다. 즉, 강화 입자 함유율이 일정하면 입자 크

기에 관계없이 항상 거의 일정한 초음파 음속을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 실험 결과는 초음파 음속은 미세한 조직 변화에는 별로 민감하게 변화하지 않는다는 종래의 연구 결과와 잘 일치하고 있다.

이상과 같이 초음파 음속을 이용하여 강화 입자의 크기와 함유량에 대하여 평가하여 본 결과 초음파 음속은 강화 입자의 크기에는 상관성이 전혀 없으나 강화 입자 함유량과는 강한 선형적인 비례 관계를 나타내고 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 초음파 음속법을 이용하여 강화 입자의 크기에 대한 정량적 평가는

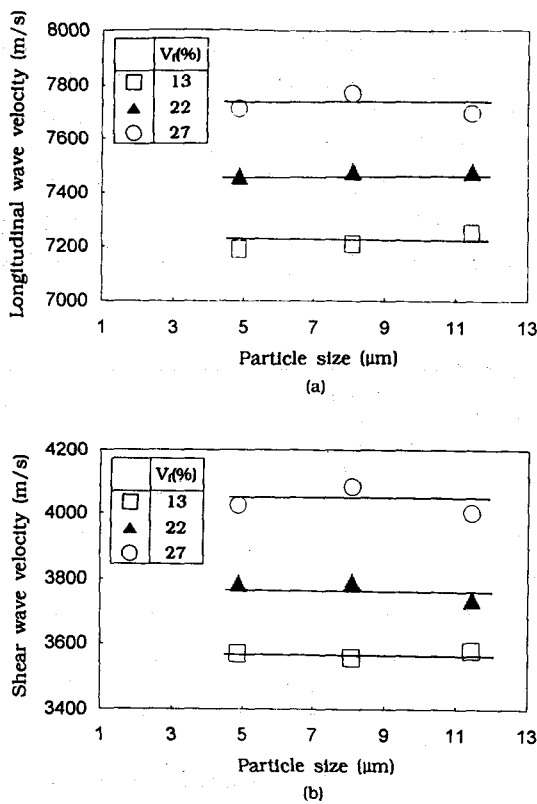


Fig. 8. Relations between velocities and particle size.

불가능하나 강화 입자 함유량은 정도 높게 정량적으로 측정할 수 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 9는 각 시료에 대하여 감쇠계수를 이용하여 강화 입자 함유량을 평가한 결과를 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이 감쇠계수와 강화 입자 함유량 사이에는 강한 상관 관계가 있어 감쇠계수는 강화 입자 함유량이 증가함에 따라 선형적으로 증가

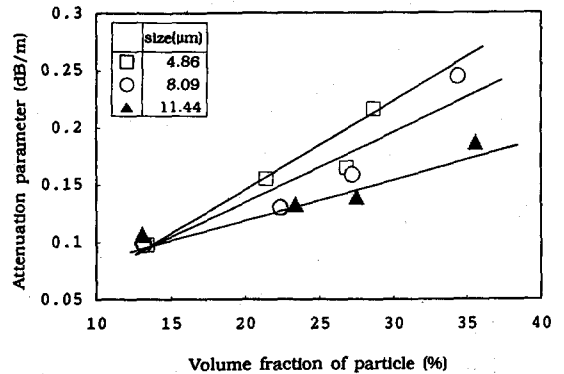


Fig. 9. Relations between attenuation parameter and volume fraction of particle.

하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 강화 입자 함유량이 증가할수록 감쇠계수가 증가하는 이유에 대하여 고찰하여 보면, 입자 함유량이 증가할수록 모재와 강화 입자의 사이에 계면이 많이 발생되므로 결국 증가된 계면에서 초음파 산란량이 증가하므로 감쇠 계수가 증가하게 된다. 한편, 그림에서 보는 바와 같이 강화 입자 함유량에 따라 감쇠계수의 증가되는 기울기가 강화 입자 크기에 따라 크게 달라 강화 입자 크기가 클수록 감쇠 계수 증가의 기울기가 완만하게 되는 것을 알 수 있다.

이와 같이 강화 입자 크기가 감쇠계수의 변화에 미치는 영향을 보다 상세히 검토한 결과가 Fig. 10이다. 그림에서 보는 바와 같이 감쇠계수는 강화 입자 함유량 뿐만 아니라 강화 입자 크기에 따라서도 크게 영향을 받아 입자의 크기가 커질수록 감쇠계수는 감소하는 것을 알 수 있다. 그 감소의 정도는 강화 입자 함유량에 따라 달라져 함유량이 비교적 적은  $V_f = 13\%$ 에서는 입자의 크기의 영향이 거의 나타나지 않으나 강화 입자 함유량이 증가하면 그 영향은 커져  $V_f = 22\%$ 와  $V_f = 27\%$ 에서는 대단히 큰 변화를 나타내어 강화 입자의 함유량( $V_f$ )이 클수록 강화 입자 크기에 따른 감쇠계수의 감소량이 커짐을 알 수 있다. 이와같이 강화 입자의 크기가 클수록 감쇠계수가 감소하는 현상에 대하여 관찰하여 보면 동일 강화 입자 함유량을 가질 경우 강화 입자의 크기가 클수록 복합 재료 내의 강화 입자와의 사이에 생성되는 계면의 면적이 감소하게 되므로, 계면에서의 산란이 상대적으로 작아져서 B3값이 증가하게 되어 결국  $\alpha$  값은 감소하므로 강화 입자 크기가 클수록 감쇠계수는 감소되어진다고 생각된다.

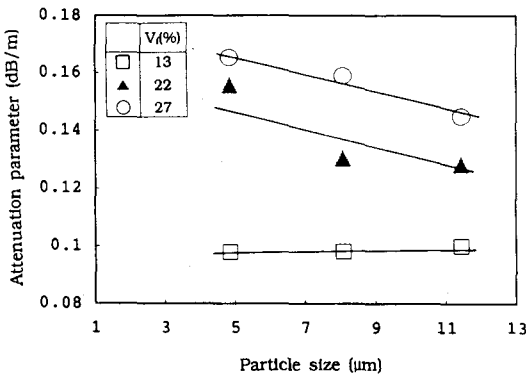


Fig. 10. Relations between attenuation and particle size and volume fraction of particle.

이상의 결과로부터 초음파감쇠법은 앞의 초음파 음속법과는 달리 강화 입자 함유량에도 강한 선형적인 상관 관계를 가질 뿐만 아니라 강화 입자 크기와도 강한 상관 관계가 있어 초음파감쇠법을 이용하면 강화 입자 함유량 뿐만 아니라 강화 입자 크기도 정도 높게 정량적으로 평가할 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 11은 감쇠계수의 측정 위치에 따른 편차를 검토한 결과로서 측정시 오차 범위의 최소화를 위해 한 지점에서 5회의 재측정을 실시하고 그 값을 최고값, 최소값 그리고 평균값의 형태로 나타낸 그림이다.

그림에서 보는 바와 같이 감쇠계수 측정 편차는 5~18%로 앞의 Fig. 6의 음속 측정 편차 1%에 비하여 대단히 크게 나타나고 있다. 이와 같이 감쇠계수의 편차가 음속에 비해 큰 이유는 감쇠가 음속에 비하여 미시조직에 대하여 대단히 민감하기 때문이라 생각한다. 즉 대단히 미세한 미시조직의 변화에 대하여 음속은 거의 변하지 않는 반면에, 감쇠는 크게 변화를 일으키기 때문이다. 따라서 이와 같은 감쇠가 조직에 민감하다는 특성을 역으로 이용하면 기지 내부의 미시조직의 불균일 분포도를 감쇠 측정만으로 판단할 수 있다는 것을 알 수 있다.

이상과 같이 초음파에 의하여 금속 복합 재료의 조직 평가에 대하여 검토하여 본 결과 강화 입자 함유량은 초음파의 종파 및 횡파의 음속 및 감쇠 측정으로부터 평가할 수 있다는 것을 알 수 있다. 더우기, 감쇠계수와 강화 입자 함유량의 상관 관계를 고려하여 음속 및 감쇠계수의 두가지 방법을 병용한다면 측정의 신뢰도를 더욱 더 높일 수 있을 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 강화 섬유의 크기는 초음파 감쇠 측정으로부터 정량적으로 평가할 수 있다는 것을 알 수 있다.

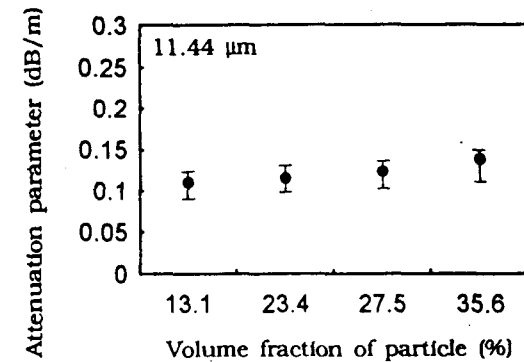
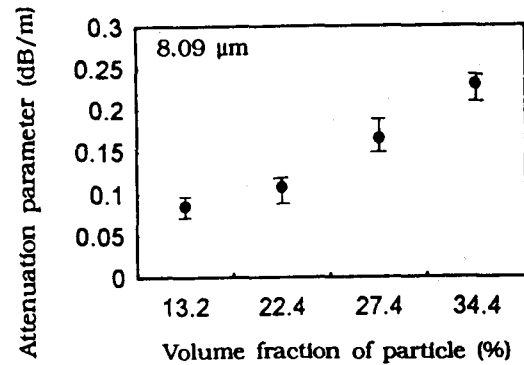
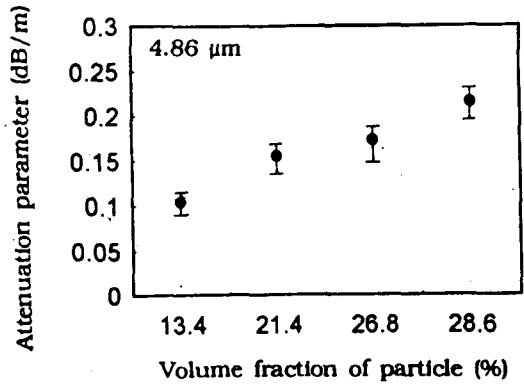


Fig. 11. Relations between attenuation parameter and volume fraction of particle.

Fig. 12와 13은 각각 초음파법으로 구한 탄성계수, 프와송비를 기계적 실험에 의하여 구한 값을 비교한 결과를 나타내고 있다. 탄성계수는 4-8GPa 이내에서 프와송비는 0.03정도의 작은 범위에서 잘 대응되고 있다.

따라서 4점 굽힘시험에 의한 측정값 자체도 오차를 포함하고 있다는 점을 감안하여 보면, 초음파법이 금

속 복합재료의 탄성계수 및 프와송비의 비파괴평가법으로서 대단히 유망한 방법이라는 것을 알았다.

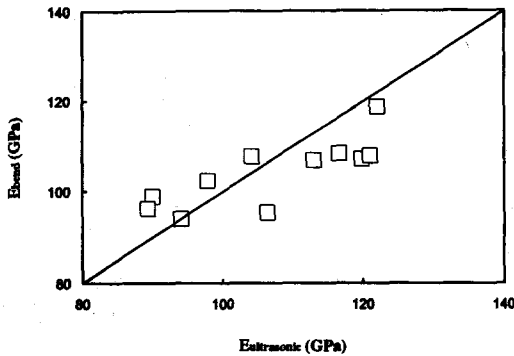


Fig. 12. Comparison of Young's modulus estimated by ultrasonic measurement and bending measurement.

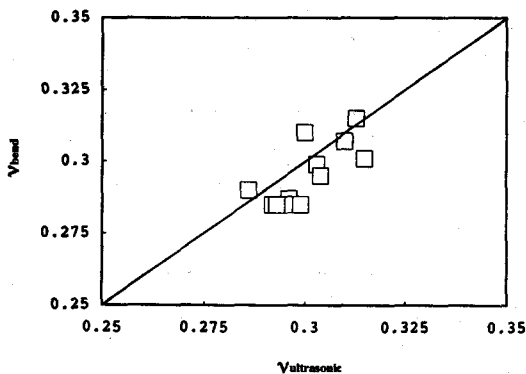


Fig. 13. Comparison Poisson's ratio estimated by ultrasonic measurement and bending measurement.

4. 결론

금속 복합재료의 미세조직 및 기계적 특성을 초음파를 이용하여 비파괴적으로 정도 높게 평가할 수 있는 비파괴평가법을 확립할 목적으로 SiC/AC8A 금속 복합재료를 시료로 하여 입자 함유량과 입자 크기에 따른 초음파 특성을 평가하고 기계적 특성 중 가장 기본이 되는 탄성계수를 측정하여 기계적 실험 결과와 비교하여 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 강화 입자의 함유량은 음속, 감쇠계수에 각각 강한 상관 관계가 있으므로, 초음파 음속 및 감쇠 측정으로

강화 입자의 함유량을 비파괴적으로 평가할 수 있다.

2. 강화 입자의 크기는 음속과는 무관하나 감쇠계수와는 강한 상관 관계를 가지므로 초음파 감쇠계수를 이용하면 강화 입자의 크기를 비파괴적으로 정도 높게 평가할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

3. 초음파음속법에 의하여 측정된 탄성계수, 프와송비는 기계적 시험에 의하여 구하여진 탄성계수값과 거의 비슷한 정도의 값을 나타내므로, 금속재료의 탄성계수 측정 방법으로서 초음파를 이용한 비파괴 방법이 대단히 유용하다는 것을 알았다.

후 기

본 연구는 동아대학교의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) J. A. Vaston and Kelly, A., "Theory of Multiple Fracture of Fibrous Composites", J. of Materials Science, Vol. 8(1973), pp. 352-362
- 2) Cox, H. L., "The Elasticity and Strength of Paper and Other Fibrous Materials", British Journal of Applied Physics, Vol. 3(1952), pp. 72-79
- 3) 白京昊, 李揆暢, 韓京燮, "Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC8A 복합재료의 가압력에 따른 미세조직과 인장강도", 한국복합재료학회지, Vol. 3(1990), pp. 49-56
- 4) 白京昊, 李揆暢, 安相鎬, "Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AC8A 복합재료의 계면반응과 기계적성질", 대한금속학회지, Vol. 30(1992), pp. 29-36
- 5) Krautkramer J. and Krautkramer H., Ultrasonic Testing of Material, Third Revised Edition, Springer-Verlag(1983), pp. 580-628
- 6) 정현조, 한국복합재료학회지, Vol. 7, No. 1(1994), pp. 35-47
- 7) 정현조, 한국정밀공학학회지, Vol. 11, No. 2(1994), pp. 95-103
- 8) 정현조, 대한기계학회 논문집, 제19권, 제9호(1995), pp. 2181-2193
- 9) Metallurgical and Materials Transactions A, Vol. 25A, April(1994), pp. 799-809
- 10) Journal of Composite Materials, Vol. 28, No. 18(1994), pp. 1742-1769



- 11) NDT&E International, Vol. 29, No. 2(1996), pp. 95-101
- 12) Journal of Applied Physics, Vol. 59, No. 2, January (1986), pp.336-347
- 13) Lee, S. Munro, M. and Scott, R. F., "Evaluation of Three In-Plane Shear Test Methods for Advanced Composite Materials", Composites, Vol. 21(1990), pp. 495-512

## Non-Destructive Evaluation of Microstructure of SiC/AC8A Composite Material by Ultrasonic Measurement

Y. C. Park\*, D. P. Yun\* and G. C. Lee\*\*

\* Dong-A University, Pusan 604-714

\*\* Research Institute of Industrial Science and Technology, Pohang 790-600

**Abstract** This study is performed to establish a non-destructive evaluation method for metal matrix composite using ultrasonic technique. The specimen is made of SiC/AC8A metal matrix composite by squeeze-casting method. Three kinds of reinforced particles are prepared as 4.86, 8.09 and 11.44  $\mu\text{m}$  to investigate the effect of size on the mechanical and ultrasonic properties of metal matrix composite. In addition, four different volume fractions (14, 22.5, 27.5, 35%) of reinforced particles are prepared per each size to examine the effect of volume fraction on the ultrasonic properties. From this specimen, the availability and precision of measurement of Young's modulus are examined and the evaluation method for microstructure of metal matrix composite using the speed of sound and attenuation factor is also reviewed. The results show that the Young's modulus measured by ultrasonic method is as effective as that measured by mechanical method. It is also known that the size and volume fraction of reinforced fiber are precisely evaluated using the speed of sound and attenuation factor.