

Al alloy 와의 경계면을 포함한 A356/SiCw 의 충격거동

조종인^{*} · 남현욱^{**} · 한경섭^{***}

Impact behavior of including the boundary between A356/SiCw and Al alloy

J. I. Jo, H. W. Nam and K. S. Han

Key Words : MMC, Impact behavior, dynamic fracture, SiC whisker

ABSTRACT

In this research, the impact behavior of the boundary between MMC-reinforced SiC whisker and Al alloy were studied. It is known that the resultant of the interfacial reaction between SiC whisker and Al alloy has brittle and low toughness property. In this paper, impact behavior of graded MMC & Al alloy shows the interfacial opening at the boundary. Generally this phenomenon is generated by thermal residual stress, brittle interfacial reaction resultant and difference of the deflection. So, these results may be interpreted as a macroscopic method of measuring the interfacial strength between matrix and reinforcement.

1. 서 론

SiC whisker로 보강된 금속 복합재료는 높은 비강도, 크립에 대한 저항성, 낮은 열팽창 계수 그리고 마모 저항성 등의 뛰어난 기계적인 물성을 지니고 있다. 이러한 SiC whisker 금속 복합재료의 성질은 자동차 산업은 물론 항공 우주분야와 국방 산업에 까지 그 응용성이 넓어지고 있다.

많은 연구자들이 금속 복합재료의 물성에 대한 이론들을 제시 하였고, 그 결과, 금속 복합재료의 물성은 보강재료의 기하학적인 역학 구조와 보강재와 기지재 사이의 역학적인 거동이 크게 좌우된다고 보고되고 있다.

일반적으로 SiC whisker로 보강된 금속 복합재료는 상온 인성과 연성에 있어 매우 취약하여, 상업적인 이용에 있어 한계를 가지고 있다.

이러한 취약점을 보안하기 위하여 많은 연구

가 진행 되었고, 본 연구에서는 이러한 취약점을 보안 하는 방안으로 Al alloy 와 금속 복합재료의 충돌을 이루는 시편을 만들어 인성변화 및 에너지 흡수율을 측정하였으며, 이 둘의 경계면의 충격거동을 관찰하였다.

2. 실험과정

2.1 사용재료

본 연구에서는 기지재로서 A356, 보강재로 SiC whisker를 사용하였다. Table. 1에 Al 합금에 관한 화학적인 성분을 나타내었다. 보강재로 사용된 SiC whisker(WX-70)는 미국의 ART사에서 생산된 것이다. 보강재에 관한 사양 및 기본 물성은 Table. 2에 나타내었으며, 보강재의 형상은 Fig. 1에 나타내었다.

Table.1 Chemical composition of Al alloy

Chemical composition of A356 Al alloy			
Si	7.157	Zn	0.017
Cu	0.004	Ni	0.007
Fe	0.100	Ti	0.009
Mn	0.022	Cr	0.003
Mg	0.364	Al	Rem.

* 포항공과대학교 기계과 석사과정

** 포항공과대학교 기계과 연구원

*** 포항공과대학교 기계과 교수

Table. 2 Specification of SiC whisker

SiC whisker	
Density(g/cm ³)	3.2
Diameter(μm)	0.7
Length(μm)	5.0
Tensile strength(MPa)	5.0
Modulus(GPa)	450



Fig. 1 SiC whiker (SEM)

2.2 예비 성형체 및 금속 복합재료의 제조

예비성형체의 제조는 보강재를 물과 바인더를 혼합하여 slurry 를 제조한 다음 수분을 제거하는 방법이 사용되었다.

제조된 예비 성형체는 용탕 주조법을 이용하여 금속 복합재료로 제조되었다.

2.3 시험 방법

제조된 ingot 은 T6 열처리 하였다.

충격시험은 낙추 시험기(Dynatub 8250)을 이용하여 수행하였다. Tub 의 지름은 12.5mm 이며 추의 무게는 5.25kg 이다. 충격 속도는 4m/s 의 속도에서 수행하였다 각 시편별로 3 개의 충격 시험을 수행하였으며, 충격 에너지와 최대 하중을 구하였다. 사용된 시편은 Fig.2 와 같이 시편의 두께를 기준

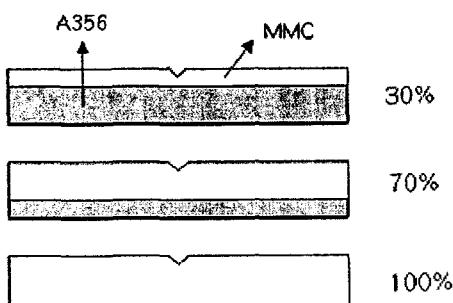


Fig. 2 제작된 충격시편

으로 금속 복합재료가 시편 전체의 30,70,100%가 되도록 가공하였다. 충격시험은 Izod 충격 시험을 기초로 수행하였다. 시험 방법은 ASTM 의 규격을 참고하여 시편제작 및 시험을 수행하였다.

3. 실험 결과

3.1 금속 복합재료 제조

예비 성형체의 제작에 있어서 중요한 문제가 되는 것은 균일한 분포이다. Fig. 3 에서는 제조된 예비 성형체와 금속 복합재료의 광학 사진을 나타내었다. 그 결과 복합재료 내부의 보강재들이 무질서하게 균일한 분포를 보임을 알 수 있었다.



Fig. 3 예비성형체와 금속복합재료(a) preform, (b) MMC-광학사진.

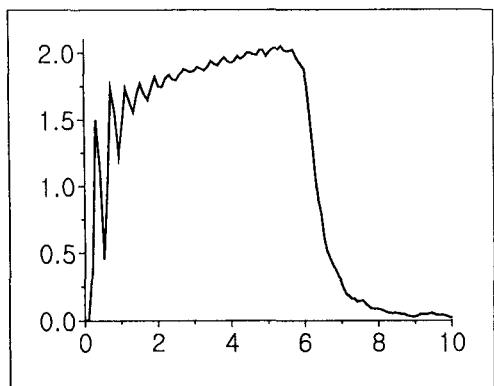
3.2 충격 실험

충격 실험은 Izod test 로 이루어 졌으며, Fig.4와 같은 충격 선도를 얻을 수 있었다. 충격에너지와 최대 하중은 Table. 3 에 나타내었으며, 각 시편의 파단면은 Fig. 5 에 나타내었다.

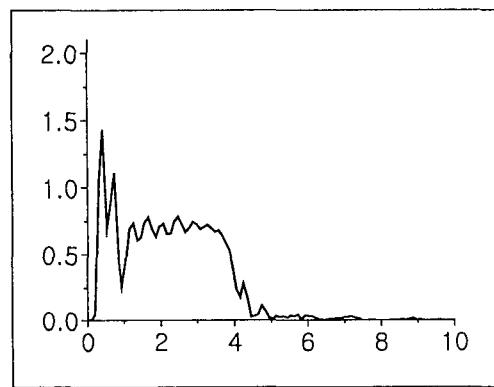
Table. 3 흡수에너지와 최대하중

SiCw	30%	70%	100%
흡수에너지(J)	12.625	3.855	0.62
최대하중(kN)	2.05	1.47	1.695

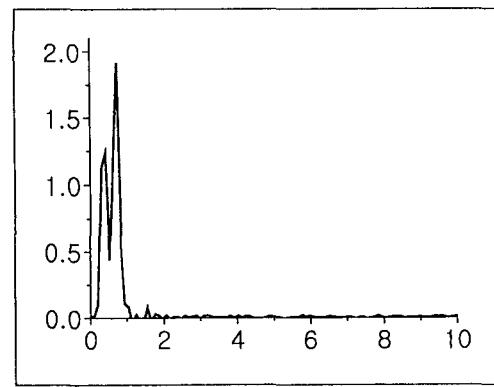
SiCw 100%의 충격 거동 성향은 Fig. 4(c) 에서 관찰 되듯이 초기 균열이 발생한 뒤에 두 번째 균열이 발생됨을 알 수 있다. 첫번째 균열은 시편의 notch된 부분을 따라서 하중의 방향에 따라 진행하지만 두 번째 균열은 초기하중의 방향과 일정한 각을 이루면서 진행되었다. 그리고 파단면에서 관찰된 바로는 첫번째 균열의 notch에 의한 응력집중보다, 두 번째 균열의 첫번째 균열에 의한 응력 집중현상이 더 크기 때문에 Fig. 4에서 보이듯이 두 번째 피크에서 더 높은 하중을 나타내며 파단면 역시 Fig. 5에서 보이듯이 두 번째 균열에 의한 것이 더 단순한 전파 경로를 가짐을 알 수 있다.



(a) SiCw 30% 충격 선도



(b) SiCw 70% 충격 선도

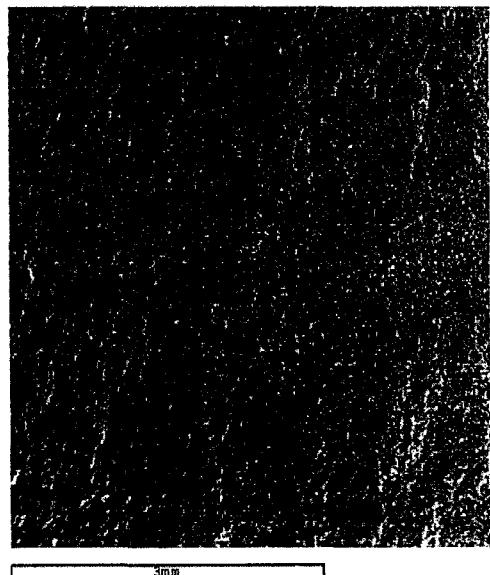


(c) SiCw 100% 충격 선도

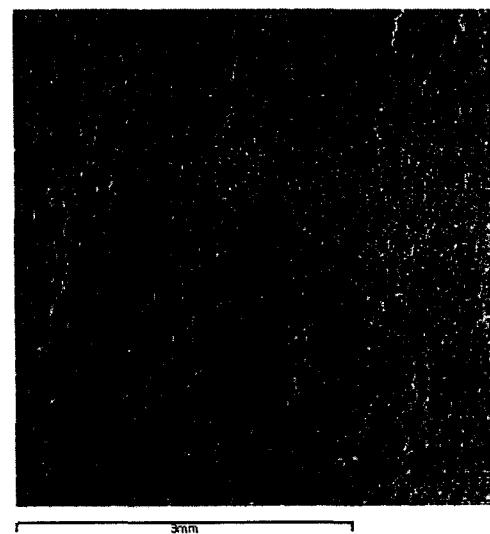
Fig.4 충격 선도 (Parallel axis : deflection(mm), Vertical axis : load(kN))

70%가 MMC 인 시편은 Fig. 4 와 Fig. 6 에서 보여지듯이 100%에서 시편처럼 초기 균열이 진전된 후에 두 번째 균열이 형성되고, 그 도중에 Al alloy 의 충에 도달하게 된다 그러므로 그 경계면에서의 bending 과 잔류응력등에 의한 변형의 차이와 경계면의 취약성으로 인하여 경계면사이의 균열이 생

성된다.



(a) SiCw-100% 충격파단면 상단부



(b)SiCw-100% 충격파단면 하단부

Fig. 5 SEM 촬영에 의한 SiCw-100%의 충격 파단면.

30%가 MMC 인 시편은 첫 번째 균열이 진행되던 도중에 Al alloy 충에 도달하게 된다. 그리고 Al alloy 의 연성 때문에 더 큰 꼭률 변형을 갖게 되고 그로 인하여 두 경계면 사이에서의 균열은 더 크게 발생하게 된다.

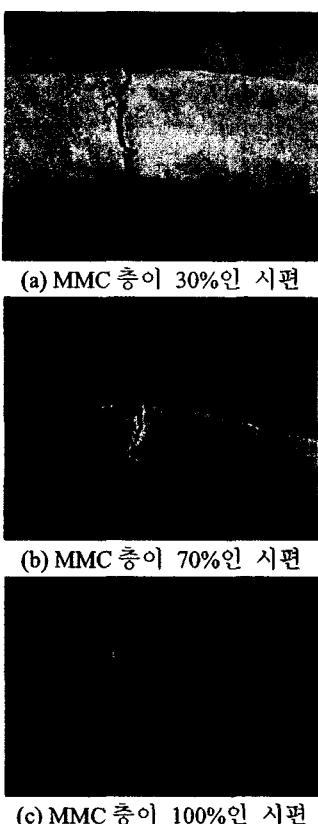


Fig. 6 충격시편의 균열 상태

4. 결 론

1. 층이 있는 SiC whisker로 보강된 복합재료의 충격 거동은 경계면에서의 취약성으로 경계면에서의 균열이 발생한다.
2. SiC whisker와 Al alloy 사이에서의 경계면에서 화학적 반응으로 인한 취성이 강한 성질을 지닌 반응물이 생성되었다는 추측을 할 수 있다.
3. 이러한 생성물에 의한 취성 뿐만이 아닌 T6 종의 thermal residual stress나 Al alloy와 MMC 간의 응력에 따른 변형이 원인이 될 수 있다.
4. 이러한 현상은 MMC에서 보강재와 기지재 간의 결합력을 거시적으로 측정할 수 있는 방법으로 응용될 수 있다.

후 기

이 논문은 2001년도 두뇌한국 21 사업에 의하여

지원되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) 임홍준, 김영한, 한경섭, “Al/SiC/Al₂O₃ 복합재료의 기계적 성질 및 마멸특성”, 대한기계학회, 제 17 권 제 10 호, 1993, pp. 2489-2508
- (2) 남현욱, 전호찬, 민병렬, 한경섭 “예비성형체 및 금속복합재료에 미치는 바인더의 영향에 관한 연구”, 대한기계학회 추계학술대회 논문집 A, 1997, pp. 233-238
- (3) T. Sritharan, L. S. Chan, L. K. Tan, N. P. Hung “A feature of the reaction between Al and SiC particles in an MMC”, Materials characterization , 47(2001), 75-77
- (4) K. Cho, S. Lee, Y. W. Chang, and J. Duffy “ Dynamic Fracture Behavior of SiC Whisker-Reinforced Aluminum alloys”, Metallurgical Transactions 22A(1991), 367-375
- (5) David L. McDanels “Analysis of stress-strain, fracture, and ductility behavior of aluminum matrix composites containing discontinuous silicon carbide reinforcement”, Metallurgical Transactions 16A(1985), 1105-1115