

Thixoforging에 의한 중공형 금속복합재료 부품의 기계적 특성

허재찬* · 이승후** · 강충길***

Mechanical Properties for Hollow Shape Part of Metal Matrix Composites by Thixoforging

J. C. Heo, S. H. Lee and C. G. Kang

Abstract

MMC was developed that had distinguished mechanical properties and light weighted. MMC has excellent mechanical properties in many ways in automotive industrial, and get into the spotlight as a light materials substituted for iron and steel. But the know-how about MMC research lack, MMC is expensive and difficult to apply the sound parts. Especially it is difficult to produce the hollow type parts composed with MMC. Therefore, hollow type parts of metal matrix composites by thixoforging process which as co-existing solidus-liquidus phase, it is very important to obtain forming condition.

In this study, used materials were A357, A380, A380 10%vol, and 20%vol SiCp, and the size of particulates were 14 μ m and 5.5 μ m.

Key Words : Thixoforging Process(반응용 성형공정), Hollow Shape Part(중공형 부품) Metal Matrix Composites(금속복합재료)

1. 서 론

MMC는 높은 비강도, 피로강도, 탄성률, 내마모성 및 낮은 열 팽창계수 등 자동차부품 산업에 있어 우수한 기계적 특성을 가지고 있다. 자동차 부품산업에서 경량화를 위하여 비강도가 높은 Al계 합금이나 Mg계 합금을 현재 사용하고 있지만 수송 기계의 연비와 엔진 성능 향상을 위하여 향후 복합재료부품으로 대체되어질 것으로 사료된다[1]~[2]. 대부분의 경량금속 복합재료는 개발의

역사가 짧아서 기초 물성 데이터와 생산적 노하우, 기술 데이터들이 아직 일반화되어 있지 않다. 기존 소재에 비하여 가격 경쟁력이 떨어질 수밖에 없는 상황이다. 입자 강화형 복합재료를 이용하면 저렴하고 안정한 양산 품질을 얻을 수 있다. 따라서 본 논문은 전자식 교반 효과와 기계식 교반법을 동시에 적용하여 제조된 MMC billet를 이용해 내마모성 제품에 적용하는 성형 공정에 연구의 초점을 맞추었다. 기지재는 A380을 이용하였으며, SiC 입자강화형 금속복합재료 billet을 재가열을 통하여 적당

* 부산대학교 대학원
** 부산대학교 대학원
*** 부산대학교 기계공학부

한 고상율을 가진 소재를 반응용 성형공정에 의하여 자동차용 원통형 모양의 부품을 성형하여 실제 부품에 응용하고자 하였다. 특히, 본 연구에서 제조한 원통형 부품의 기계적 성질을 외국사(독일의 PEAK社)에서 제조한 제품과 비교·검토함으로써 향후 관련산업체에서 부품개발에 응용할 수 있는 기술을 개발하고자 한다.

2. 기계적 성질

2.1 기계적 특성

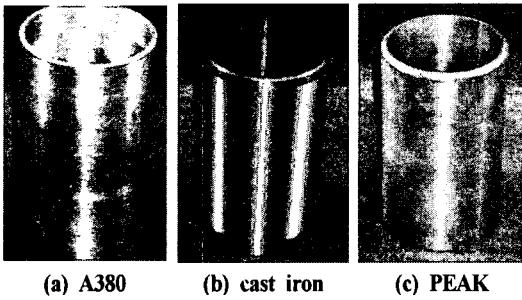


Fig. 1 Hollow Shape Parts for various materials

Fig.1은 기계가공에 의해 만든 중공형 복합재료 부품과 일반적으로 사용되는 주철계 상용 중공형 복합재료 부품, 그리고 PEAK社에서 수입하여 사용되는 중공형 복합재료 부품을 나타낸 것이다. Fig.2에서 보는 바와 같이 지정된 위치에서 인장, 마모, 피로시험을 가공하였다.

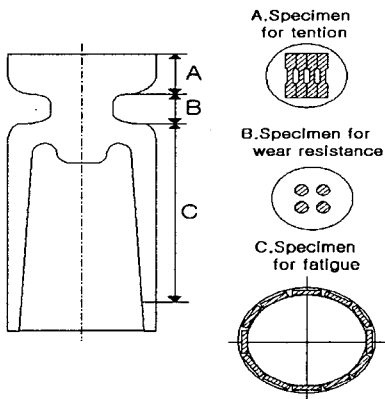


Fig. 2 Schematic diagram of specimen point for mechanical property

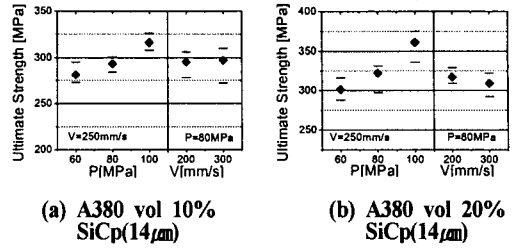


Fig. 3 Ultimate strength of each materials after thixoforging

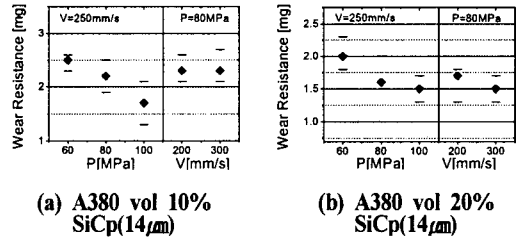


Fig. 4 Wear resistance of each materials after thixoforging

인장시험은 Instron社의 10Ton MTS를 이용하여 10mm/min의 속도로 실험을 하였다. Fig.3 (a)~(b)는 Table 1에서 보여주고 있는 바와 같이 각 조건(A~E)에 성형한 제품의 극한인장을 나타낸 것이다.

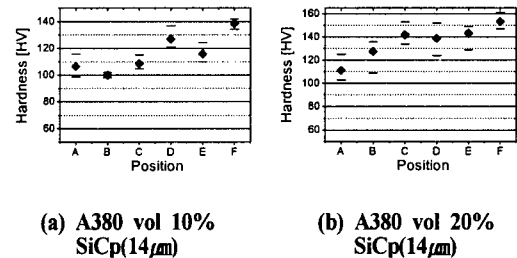


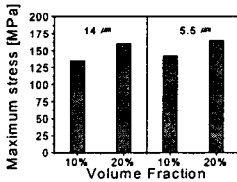
Fig. 5 Hardness of each materials after thixoforging to each position

Fig.3를 보면 일정한 속도(250mm/s)하에서 높은 압력으로 성형한 시편의 극한 인장강도 값이 낮은 압력에서 제조한 시편보다 다소 높은 것을 알 수 있다. 그러나 일정한 압력(80MPa)하에서는 속도차에 의한 인장강도 값이 일정한 경향을 보이지 않는 것을 볼 수 있다. 이것은 극한인장강도 값이 속도에 거의 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있다. Fig.3의 실험결과 MMC의 경우 체적 함유율이 많은 vol 20% SiCp, 강화재 입자의 크기가 5.5 µm인 소재가 인장강도, 마모량, 경도에서 우수한 기계적 성질을 나타낸 것이다.

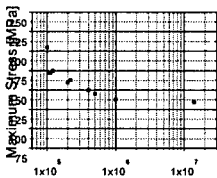
Table 1 Thixoforging conditions with particulate reinforced metal matrix composites

Case	Pressure (MPa)	Punch velocity (mm/s)
A	60	250
B	80	250
C	100	250
D	80	200
E	80	300

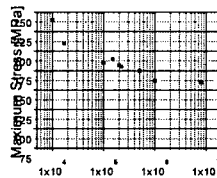
마모시험은 PLINT社의 TE 92 마모시험기를 이용하여 60RPM 100N의 하중으로 실험을 하였고 그 결과는 Fig.4와 같다. Fig.4 (a)~(b)는 Table 1의 각 조건에 대한 마모량을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 상대적인 마모량만을 나타낸 것이다. Fig.4에서 알 수 있는 바와같이 100MPa의 압력으로 성형한 시편의 마모량이 60MPa의 압력으로 성형한 시편보다 적다는 것을 알 수 있다. 일정한 압력 하에서 속도 차이에 의한 마모량은 극한인장강도 값처럼 일정한 경향을 보이지 않는 것을 볼 수 있다. 즉 속도에 의한 영향을 거의 받지 않는다는 것을 알 수 있다. Fig.5 (a)~(b)는 시편의 경도값을 나타낸 것이다. 그림에서 보면 F지점에서 공통적으로 경도값이 최고치를 나타내었는데 최종 충전부분에서 압력분포가 최고치가 나타나는 것을 CAE 결과로부터 알 수 있었다. Fig.6는 강화재의 크기에 따른 피로시험 결과를 나타낸 것이다. Fig.6 (a)는 강화재의 크기가 14 μ m와 5.5 μ m의 피로시험 결과를 비교한 것인데 5.5 μ m의 파단강도가 14 μ m의 파단강도 보다 약간 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 강화입자의 함유량이 많을수록, 강화입자의 크기가 작을수록 피로강도가 증가함을 알 수 있다.



(a) compare with each specimen



(b) A380 vol 10% SiCp(14 μ m)

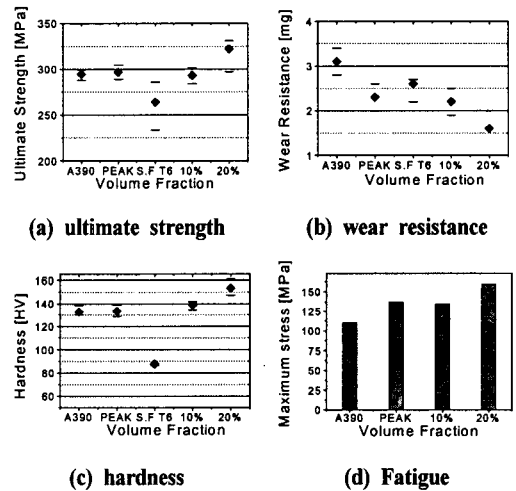


(c) A380 vol 20% SiCp(14 μ m)

Fig. 6 Fatigue strength of MMC materials after thixoforging

2.2 원통형 부품의 적합성 검토모델

Fig.7은 현재 SiCp를 가장 많이 함유하고 가장 널리 쓰이는 원소재중의 하나인 A390과 PEAK社에서 생산하고 있는 상용 원통형 부품, 분무성형으로 만든 빌렛을 압출에 의하여 제조한 후 T6열처리를 통해 제조된 S.F T6 및 본 연구결과에서 제조한 MMC 중공형 복합재료 부품의 기계적 성질을 서로 비교한 것이다. 극한 인장강도의 경우 체적함유율이 10%인 소재와 PEAK 소재와 비교해 보면 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 그러나 20%인 소재인 경우는 원소재인 A390, PEAK, S.F T6 소재에 비하여 우수한 성질을 가진다는 것을 알 수 있다.



- (a) ultimate strength
 - (b) wear resistance
 - (c) hardness
 - (d) Fatigue
- * S.F T6 : T6 heat-treatment after spray forming
 PEAK : imported cylinder liner produced by PEAK inc.
 10% : A380 vol 10% SiCp(14 μ m)
 20% : A380 vol 20% SiCp(14 μ m)

Fig. 7 Comparison with mechanical property of each materials

Fig.8은 Duralcan社에서 생산되고 있는 MMC 중공형 복합재료 부품소재와 본 연구에서 개발한 원통형 부품의 물성치를 비교한 것이다. Fig.8 (a)는 극한인장 강도를 비교한 것이다. Duralcan社에서 생산되는 중공형 복합재료 부품의 인장강도가 본 연구에서 개발한 MMC 중공형 복합재료 부품의 인장강도보다 우수하다는 것을 알 수 있다. 강화재의 크기가 작은 5.5 μ m가 14 μ m의 인장강도보다 우수하다는 것을 알 수 있다. 그러나 중공형 복합재료 부품의 요구강도는 300MPa로 설계하고 있기 때문에 본 연구에서 성형한 복합재료의 부품이 라이너의 요구조건을 만족하고 있음을 알 수 있다. Fig.8 (b)와 (c)는 마모량과 경도값을 각각 비교한 것이다. Fig.8 (a)와 마찬가지로 전체적으로 반응용 성형으로 제조한 중공형

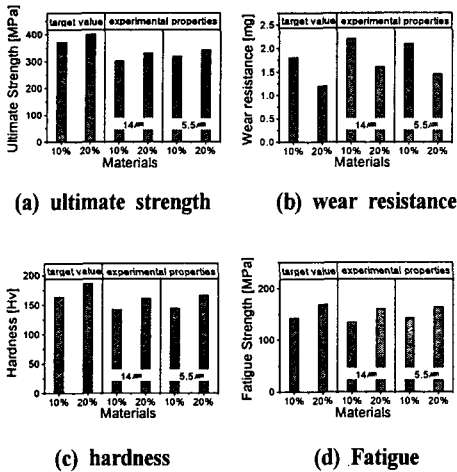


Fig. 8 Comparison with mechanical properties of MMC materials

복합재료 부품의 인장강도와 경도 값이 Duralcan社에서 생산된 중공형 복합재료 부품의 기계적 성질에 약간 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 또한 강화입자의 크기가 작은 5.5 μ m로 만든 중공형 복합재료 부품이 14 μ m로 만든 중공형 복합재료 부품의 기계적 성질보다 우수하다는 것을 알 수 있다.

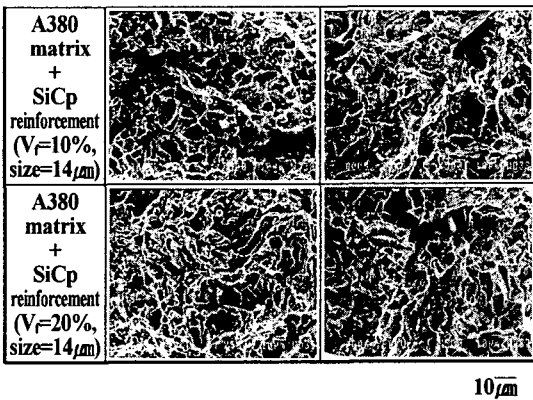


Fig. 9 The microstructure of metal matrix composite reinforced by particle (particle size 14 μ m, 20vol%, \times 500)

본 연구에서 개발한 중공형 부품의 경우는 마모량이 중요한 변수이다. Fig.8 (b)에서 보여주는 바와 같이 마

모량이 향상된 점을 고려하면 본 연구결과는 향후 내마모성 부품에 있어서의 활용이 크게 기대된다.

Fig.9는 인장시험 후 파단면의 조직사진을 나타낸 것이다. Fig.9에서 보여주는 바와 같이 강화재와 기지재 사이의 계면결합이 2차가공에 의하여 개선되어 있는 것으로 관찰되었다. 강화입자의 함유율이 높은 소재일수록 기계적 성질이 증가함을 알 수 있었다.

본 연구에서 제조한 MMC 중공형 복합재료 부품의 기계적 성질을 Duralcan社의 제품과 비교했을 때 인장강도를 제외하고는 우수한 기계적 성질을 얻을 수 있었다.

4. 결론

중공형 금속복합재료 부품의 기계적 특성에 있어서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 내마모성 부품인 자동차용 중공형 복합재료 부품을 thixoforging으로 성형함으로써 입자강화형 금속복합재료에 대한 반응용 가압 성형공정의 적용 타당성을 검증하였다.
- (2) 강화입자가 첨가된 소재에 대한 성형품의 기계적 성질이 원소재보다 월등히 우수하다는 것을 알 수 있었고, 입자 크기가 미세할수록 제품이 우수함을 알 수 있었다.
- (3) 강화재 함유량이 많을수록 기계적 성질(극한인장강도, 마모량, 경도등)이 좋아진다는 것을 알 수 있다.

참고 문헌

- (1) P. C. Cox, G. G. McGrath, and G. M. Savage, "Designing with Reinforced Composites to Provide Energy Absorption Mechanisma in Damage Formula 1 Cars", Proceeding of the 9th International Conference on Composite Materials Vol. 6, Madrid, Antonio Miravete, P.241~251, July 12~16, 1993.
- (2) J. J. Manso, "Continous Process of Structural Frames for Automotive Applications" Proceeding of the 9th International Conference on Composite Materials Vol. 6, Madrid, Antonio Miravete, P.276~282, July 12~16, 1993.