

알루미늄 익스트루포밍 샤시부품 개발 현황

장계원^{1#}, 이우식¹, 김대업¹, 오개희², 김종철³

Development of aluminium chassis parts applied for Extruding

G. W. Jang, W. S. Lee, D. E. Kim, K.H. Oh, J.C. Kim

Abstract

Aluminum extruded profiles have been mostly used only a few automotive parts until now, such as roof rail, sunroof frame and bumper beams. However, Aluminum Extrude-form technology, which was recently developed by foreign advanced manufacturer, made it possible to apply the aluminum extruded profiles to suspension parts of passenger and RV cars. It could be obtained by optimized billet casting, extrusion and stretch bending technology. It was possible to have the excellent weight reduction and the competitive price comparing with conventional process of aluminum for automotive parts. Combining additional process technology such as machining and joining, the application can be extended to various automotive parts. We have developed high strength aluminum alloy and fabricated subframe and suspension arm by extruding process..

Key Words : Extruded profile(압출 프로파일), Extruding(익스트루포밍), Subframe(서브프레임), Suspension Arm(서스펜션암)

1. 서론

최근 자동차는 수요자들의 요구 특성이 다양화됨에 따라 전자화, 고급화, 안전화, 다기능화 등 부대 장비가 추가되며, 따라서 자동차의 중량은 계속 증가하는 추세를 보이고 있다. 반면, 세계적으로 환경 오염 문제가 대두되면서 기업별 평균 연비 및 자동차 배기가스 규제강화에 따른 연비 개선이 강력히 요구되고 있으며, 특히 국내 자동차 산업이 국민 경제에 미치는 영향과 수출의존도 등을 고려해 볼 때 국내 자동차 산업의 연비 개선 및 자동차 배기가스 규제에 능동적인 대응은 국내 산업 발전에 중요한 열쇠임을 알 수 있

다. 자동차의 연비 개선 대책은 구조 변경, 경량재료 사용, 부품 합리화 등이 경량화에 대한 기여도가 가장 높다. 이 중에서 특히 경량재료 사용에 의한 효과가 가장 크며, 경량재료 중에서도 알루미늄의 상용화가 증가하는 추세이다. 최근에 개발된 익스트루포밍 공법은 중공형 압출 형재를 이용하여 성형/가공하는 공정으로 기존의 알루미늄 주조법이나 단조법에 비해 경량화 및 주행 특성 향상에도 효과가 크다. 특히 고도의 방향성 결정립 및 재료조직이 압출 프로파일 설계와 결합되어 최적의 하중 분포가 가능함으로 고인성 보안 부품에 적용되는 열간단조 공법과 비교하여도 성능 특성의 차이가 거의 없이 더욱 향상된 경량화 효과를 얻을 수 있다. 이러한 우수성으로 인해 현

1. 현대모비스

2. 동양강철㈜

3. 주식회사 화신

교신저자 : 현대모비스 기술연구소,

E-mail: maniada@mobis.co.kr

가 부품인 컨트롤 암은 GM Epsilon Platform 에 적용되어 Saab 9-3, Vauxhall Vectra, Opel Vectra /GTS/Signum, Chevrolet Malibu 에 장착되어 양산되고 있으며, 서브프레임의 경우 벤딩 및 국부적인 성형공정을 적용하여 BMW 530i, 745i 에 장착되어 양산되고 있다. (Fig. 1 참조) 하지만 국내의 경우 익스트루포밍 공법을 적용한 현가 장치 부품에 대한 적용사례가 전무하며, 현재 전용 압출재 개발 및 성형 공정 개발의 초기 단계에 머무르고 있으며 익스트루포밍 공정을 적용하기 위한 설계 기술확보가 미흡한 상태이다. 본 연구에서는 최적화된 전용 압출재 개발, 서브프레임과 컨트롤 암 제조 및 평가를 통해 익스트루포밍 공법의 기반 기술을 확보하고자 하였다.



Fig. 1 Design of aluminum subframe and control arm applied for extruforming

2. 본 론

2.1. 익스트루포밍 공정 기술

익스트루포밍 공법은 Fig.2와 같이 크게 3가지 공정으로 구성된다. 즉, 최적화된 알루미늄 합금 빌레트의 제조기술, 고정밀/고강도 알루미늄 중공형 압출재 제조기술 그리고 형상 정밀도를 바탕으로 설계자유도를 실현시킬 수 있는 고난도의 스트레치 벤딩 기술이다. 그리고, 적용부품에 따라 기계가공 및 접합을 거쳐 완성부품이 제작된다. Fig.3에 익스트루포밍 공정의 개략도를 나타내었다.

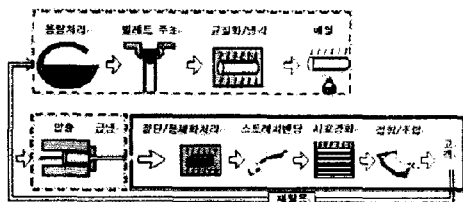


Fig. 2 Process flow diagram of extruforming

2.2 외국 선진사 적용 부품 분석

2.2.1 분석 차종 및 부품

- 1) 분석 차종 : Chevrolet Malibu
- 2) 적용 부품 : Rear Lower Control Arm



Fig 3. Control arm and Cross section

2.2.2 분석 결과

익스트루포밍 적용 소재의 국산화 개발을 위해 해외 선진제품의 벤치마킹을 실시하였다. 성분 분석, 인장시험, 경도시험 및 조직관찰 시험을 실시하였으며 결과를 Table .1과 2에 정리하였다.

Table. 1 Chemical Composition of Chevrolet Malibu RLCA

| 성분 | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| B/M | 0.90 | 0.24 | 0.04 | 0.56 | 0.59 | 0.15 | 0.03 | 0.02 |
| 6082 | 0.70 | | | 0.40 | 0.50 | | | |
| Spec | 1.30 | 0.50 | 0.10 | 1.00 | 1.20 | 0.25 | 0.20 | 0.1 |

Table. 2 Mechanical properties of Chevrolet Malibu RLCA

| 구 분 | 인장강도 (MPa) | 항복강도 (MPa) | 연신율 (%) | 경도 (Hv) |
|-----|------------|------------|---------|---------|
| 결과치 | 342 | 324 | 10 | 109 |

3) 조직 관찰

적용 소재의 미세조직과 압출재의 특성 중의 하나인 재결정층의 두께 분포를 관찰하기 위하여 조직 분석을 실시하였다.

재결정층 두께 분석결과 대부분의 위치에서 0.2~0.4mm의 두께분포를 보였으며, 압출재의 특징 중의 하나인 용접선에서의 재결정층은 0.6mm의 두께를 나타내었다. 재결정층 억제를 위해 Mn, Cr등의 함량 조절하여 인성, 피로강도 등에 좋은 결과를 일으키는 섬유조직의 생성을 촉진시킨 결과로 판단된다.^{(1),(2)} 미세조직 관찰결과, 6000계 압출재 합금의 전형적인 조직을 보여주고 있다. 미세한 Mg₂Si 석출상이 0.5μm내외의 크기로 고르게 분포하고 있으며 10μm내외의 금속간화합물이

석출되어 있는 것을 볼 수 있었다.

2. 3. 익스트루포밍용 소재개발 현황

2.3.1 전용 합금 설계

익스트루포밍 전용 합금은 AA 6082 합금계를 기본으로 소재의 강도 및 연성에 큰 영향을 미치는

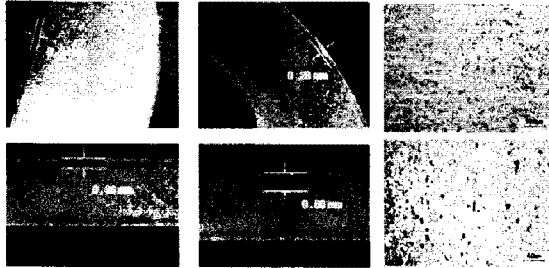


Fig. 4 Recrystallization layer and microstructure

Mg, Si, 등의 함량을 조절을 통한 최적특성을 지닌 합금 설계를 목표로 연구 개발 중에 있다.

기본 합금계는 6082로 하였으며 소재의 강도에 큰 영향을 미치는 Mg, Si의 함량 변화에 따른 강도 및 연신율 변화를 분석한 후 최적 합금계를 도출 하였다.

2.3.3 익스트루포밍 전용 압출재 개발

(1) 중공형 압출재 제조

알루미늄 압출재의 자동차 현가 장치의 적용을 위해서는 압출재의 단면계수와 강성을 고려한 최적화된 압출 프로파일 설계 및 생산 기술이 요구 된다. 압출 시 압출속도, 압출용 빌레트의 예열온도 등에 대한 최적 공정 조건 개발을 통해 압출재의 최적 품질을 확보할 수 있다. Fig. 7은 전용 압출재의 형상과 압출프로파일의 단면 형상 이다.

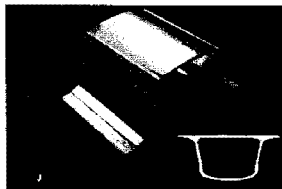


Fig. 6 Extruded profile and Cross Section

(3) 기계적 특성 평가

압출재의 기계적 특성을 평가하기 위해 인장 시험, 경도시험을 실시하였다. 인장 시험은 판상 시편(KS B 0801 - 5호)을 제작하여 실시하였고, 시험속도는 1mm/min이었다. 경도시험은 마이크로

비커스 경도기를 이용하여 측정하였고 하중은 100g 이었다. 시험 결과는 Table.3에 나타내었다.

Table. 3 Mechanical properties of extruded profile

| 구 분 | 인장강도 (MPa) | 항복강도 (MPa) | 연신율 (%) | 경도 (Hv) |
|-----|------------|------------|---------|---------|
| 측정값 | 334 | 308 | 12 | 106 |

(4) 조직 관찰

1) 재결정층 관찰

재결정층은 Fig. 8에 나타난 바와 같이 각 부위에서 시편을 채취한 후 관찰하였다. 관찰 결과, 용접선을 제외한 부위에서는 0.3 ~ 0.35mm값을 나타내었다

2) 미세조직 관찰

국내 개발 소재의 미세조직을 관찰한 결과, Mg₂Si 석출상이 균일하게 분포하고 있으며, AlFeSi계 금속간 화합물이 석출되어 있는 것을 볼 수 있었다. Fig.10에 나타난 바와 같이 AlFeSi등의 금속간화합물의 및 Mg₂Si 석출상의 크기 및 분포는 Chevrolet Malibu RLCA와 유사하였다.

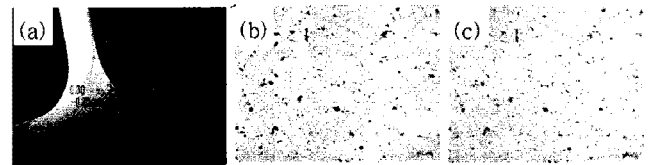


Fig. 7Microstructure of (a) recrystallization layer (b) Chevrolet Malibu RLCA, (c) extruded profile

2.4 익스트루포밍 성형공정 개발 현황

2.4.1 성형공정 설계

익스트루포밍 공법의 실제 부품의 적용을 위해 현재 개발 중인 서브프레임 및 컨트롤암을 대상으로 성형공정을 설계하고 금형을 제작 하였다. Fig. 11에 현재 개발 중인 컨트롤암과 서브프레임의 설계안을 나타내었다. Fig. 12는 성형해석 결과를 바탕으로 설계한 컨트롤암의 성형공정 설계안이다.

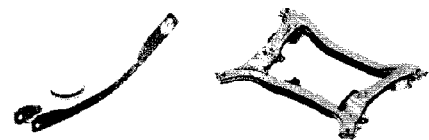


Fig. 8 Design of (a) Control arm, (b) Subframe

2.4.2 성형 Try-Out 결과

제작된 금형을 500ton 프레스에 장착한 후 각 공정별 성형작업을 실시하였다. 성형 공정을 위해 성형전 압출소재의 성형 특성을 향상을 위해 용체화 열처리(T4)를 실시한 후 성형을 실시하였다. 용체화 처리 후 소재의 연신율은 약 20% 내외의 값을 가지며, 성형 시 소재의 파손 등을 방지할 수 있다. Fig.9는 각 공정별 성형 Try-out 결과이다.



Fig. 9 Design of extruforming process

2.4.3 시제품 제작

상기 공정으로 제작된 성형품에 Bump Stop Cup을 제작한 후 코킹공정을 통해 시제품을 제작하였다. 시제품 제작에 사용된 코킹공정 지그 및 시제품 사진을 Fig. 10에 나타내었다.

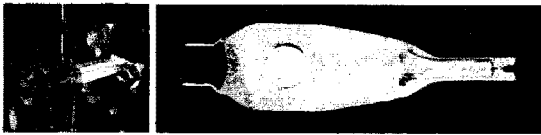


Fig. 10 Caulking Fixture and Control arm

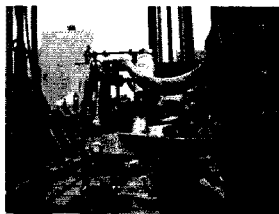


Fig. 11 Duration test of Control arm

2.4.4 시제품 평가

익스트루포밍 공정에 의해 제작된 컨트롤암의 모듈내구시험을 통해 내구성능을 평가하였다.

시험은 상하 20만회, 좌우내구 50만회를 실시하여 평가하였으며, 하중은 대상부품 차종의 하중조건을 적용하였다. 시험결과 각 조건에서 내구성능을 만족하였다. Fig. 11은 내구성능시험 사진이다.

3. 결론

본 연구에서는 익스트루포밍 공법의 국내기술 확보를 위해 소재 및 성형공정 개발을 수행 하였으며 시제품 제작 및 평가를 통해 소재 및 성형 공정기술 등을 확보할 수 있었다. 압출 소재의 경우 해외 소재 대비 동등 수준이었으며, 용접성 등이 검증되면 컨트롤암 뿐만 아니라 서브프레임 등에도 적용이 가능할 것으로 판단 된다. 성형공정기술 개발을 위해 기존 모델의 성형해석을 통해 성형공정 설계 및 금형제작 방안을 개발하여 시제품을 제작 그리고 내구시험을 수행함으로써 성형공정을 최적화 하였다.

참고문헌

- [1] Lars Lodgaard, Nils Ryum, "Precipitation of dispersoids containing Mn and/or Cr in Al-Mg-Si alloys", Materials Science and Engineering, A283, 144-152, 2000
- [2] 이지환, 이정중, 김병일, 배차현 "비철금속 재료", 255-288, 원창출판사, 1998
- [3] H.J. Mcqueen, O.C. Celliers, "Application of hot workability studies to extrusion processing. Part III : Physical and mechanical metallurgy of Al-Mg-Si and Al-Zn-Mg alloys", Canadian metallurgical Quarterly, Vol.36, No.2, 73-86, 1997
- [4] A.K. Gupta, D.J. Lloyd, S.A. Court, "Precipitation hardening in Al-Mg-Si alloys with and without excess Si", Materials Science and Engineering, A316, 11-17, 2001.