

서스펜션 암의 포트홀 다이 압출공정 유한요소 해석

조영준¹· 이상곤¹· 김병민[#]· 오개희²· 박상우²

Finite Element Analysis of Porthole Extrusion Process for Al Suspension Arm

Y. J. Joe, S. K. Lee, B. M. Kim, K. H. Oh, S. W. Park

Abstract

The growing demand for more fuel-efficient vehicles to reduce energy consumption and air pollution is a challenge for the automotive industry. The characteristic properties of aluminum, high strength stiffness to weight ratio, good formability, good corrosion resistance, and recycling potential make it the ideal candidate to replace heavier materials in the car to respond to the weight reduction demand within the automotive industry.

In this paper, A series of compression test was carried out to find the flow stress of A6082 at 300, 400 and 500 °C, then we tried to estimate weldability, extrusion load and effective stress of die in the aluminum extrusion process through the 3D FE simulation at non-steady state for aluminum automotive parts..

Key Words : Hot Extrusion, Porthole-die, A6082 Aluminum Alloy, Al Vehicle Parts, Welding Pressure, Stress Analysis, Finite Element Analysis

1. 서론

기후 변화에 관한 국제적인 환경 협약은 1992년 리우에서부터 지속적으로 체결되어 왔고, 더욱이 1997년 교토 의정서 채택 이후 이산화탄소, 메탄 등 온실가스 감축 의무 비율은 세계 각국의 에너지 절약을 부추기고 있다. 이런 시대적 상황은 자동차에 있어서도 배출가스의 저감을 요구하며 차량의 경량화를 촉진 시키고 있다.

알루미늄 합금 소재는 저비중, 고강도, 내부식성 등을 가지며 기존의 철강재료를 대체할 재료로 많이 연구되고 있다. 또한, 압출을 이용한 차량 부품은 고강도의 재료를 생산할 수 있으며, 공정수를 대폭 줄일 수 있는 장점으로 인해 그 실효성이 더욱 각광 받고 있다.

현재 차량용 알루미늄 합금으로는 주로 A5XX X(Al-Mg), A6XXX(Al-Mg-Si), A7XXX(Al-Zn-Mg) 합

금이 적용되고, 그 중 A6XXX계 합금이 압출성이 가장 양호한 편이다. 최근 실제 금형을 제작하기 전에 설계 및 공정변수를 얻기 위한 많은 연구가 진행 되고 있으며, 현장에서 축적된 경험과 함께 제품의 품질 및 생산성을 높이는데 많은 효과를 나타내고 있다.

본 연구에서는 차량용 부품에 대한 압출공정을 유한요소 해석을 이용하여 평가하였다. 빌렛은 A6082를 사용하였고, 해석 적용을 위하여 고온에서 압축시험을 통해 유동 특성을 평가하였다. 압출방법으로는 포트홀 다이를 이용한 직접압출방법이 사용되었으며, 해석을 통해 압출하중을 예측하고, 출구부에서 나타나는 제품의 접합면에서 수직응력과 소재의 평균유동응력을 상대 비교함으로써 접합압력을 평가하였다. 그리고 금형에 작용하는 압력을 예측하여 금형의 강도를 평가하였다. 평가된 압출공정은 현장의 경험치와 같이 고려되

1. 부산대학교 정밀기계과

2. 동양강철 기술연구소

부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구소

E-mail: bmkim@pusan.ac.kr

어 일부 금형의 수정을 통해 원활한 제품을 생산하게 되고, 이는 제작시간, 수정작업의 감소, 제품 품질 향상에 기여할 것으로 사료된다.

2. 고온 유동 특성 평가

2.1 실험 소재

재료에 대한 열간 가공의 기본 데이터이면서 유한요소해석에 필요한 고온 유동 특성을 평가하기 위하여 압축시험을 수행하였다. 소재는 A6082를 사용하였으며, Table 1에 주요 성분을 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of A6082

Comp.	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
Wt(%)	0.7~1.3	0.5	0.1	0.4~1.0	0.6~1.2
Comp.	Cr	Zn	Ti	Al	-
Wt(%)	0.25	0.2	0.1	Rem	-

2.2 실험 방법 및 결과

본 실험에서는 유압식 25ton MTS(Material Test System)를 사용하였으며, 압축시편은 $\varnothing 12 \times h 8$ mm로 가공하였다. 재료의 온도와 변형률속도에 대한 영향을 파악하기 위해 300℃, 400℃, 500℃ 온도에서 변형률 속도 0.01, 0.1, 0.5, 3.0 sec^{-1} 로 균일한 속도로 변형률 0.7까지 압축하였다. Fig. 1은 실험 결과를 나타낸다.

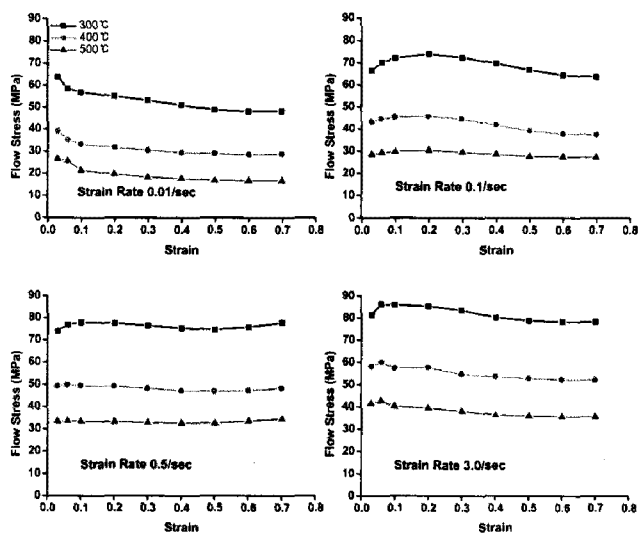


Fig. 1 Effective stress-strain curve of A6082

3. 포트홀 압출공정의 유한요소해석

3.1 압출형상 및 압출 다이 구조

본 연구에서 사용될 서스펜션 암의 형상은 Fig. 2에 나타내었다. 본 제품은 자동차 엔진 크래들과 휠 사이에 위치하여, 노면에서 전해지는 진동을 흡수하기 위하여 상하 운동하는 구조체이다. 때문에 충분한 강성을 가지며, 경량화를 이루기 위해 중공형의 형상을 하고 있으며, 좌우 대칭 형상으로 설계되었다. Fig. 3은 포트홀 다이 구조를 나타낸 것이다.

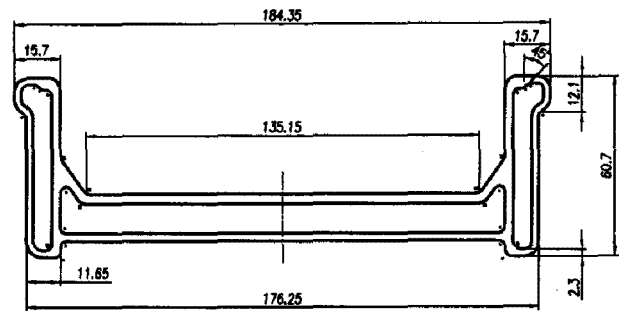


Fig. 2 Dimensions and section of suspension arm

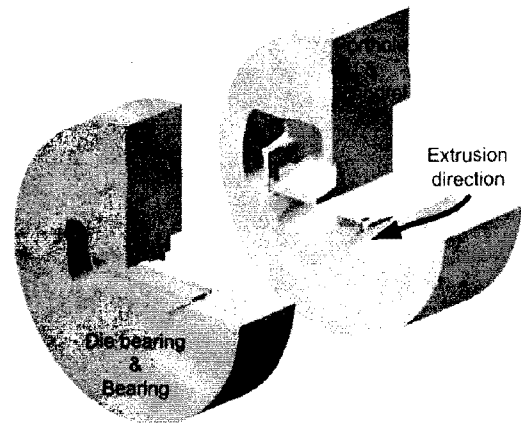


Fig. 3 Structure of porthole die for suspension arm

3.2 해석 모델

성형해석은 강소성 유한요소해석 상용코드인 DEFORM-3D를 사용하였고, 금형 강도 해석은 ANSYS를 사용하였다. 다이와 빌렛의 초기온도는 460℃로 설정하였고, 컨테이너, 다이, 펀치의 소재는 열간 공구강인 SKD61을 적용했다. 해석은 대칭성을 고려하여 1/2 단면을 대상으로 수행하였고, 빌렛을 제외한 부분은 모두 강체로 설정하였다. Fig. 4는 압출공정을 위한 빌렛과 다이의 유한요소 격자를 나타내었다. Table 2는 해석조건을 나타낸다.

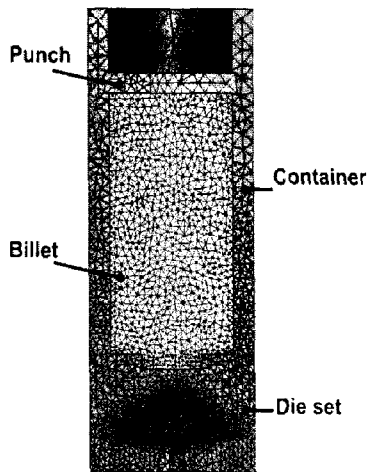


Fig. 4 Mesh system of porthole die extrusion

Table 2 Condition of FE simulation

Extrusion condition	Value
Material of billet	A6082
Material of tools	SKD 61
Initial temperature of billet(°C)	460
Initial temperature of tools(°C)	460
Punch speed (mm/s)	3
Friction coefficient	0.7
Dimension of billet (mm)	∅279.4 × h700

4. 해석 결과 및 실험

4.1 압출하중

비정상 상태에서의 압출 하중은 Fig.5 와 같이 최대 1850 ton 이 되었다. 본 연구에서 사용될 압출기의 사양은 UBE 3650 US ton press 이다. 이는 3310 metric ton 에 해당하므로 허용 최대 하중에 약 56%이다. 따라서 압출기 용량이내에서 압출이 가능하다.

4.2 접합압력

포트홀에 의해 6 부분으로 나누어진 소재는 Welding chamber 를 지나며 Fig. 6 과 같이 8 곳에서 접합면이 형성된다. 이 때, 소재의 접합면 수직방향의 압력성분을 Fig.7 에 나타내었다. 접합면 부근의 온도는 약 475°C이고, strain rate 는 약 3.0sec⁻¹ 이다. 이 경우 소재의 평균유동응력은 45MPa 이다. 소재유동응력(Y)에 대한 접합압력

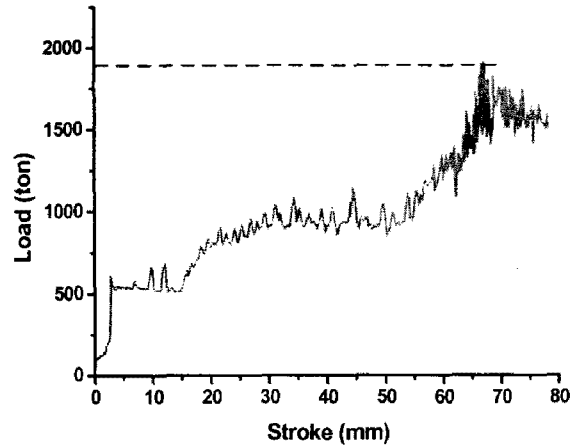


Fig. 5 Extrusion load-stroke curve

(P_{θ})의 비는 최소 2.0 에서 최대 5.1 에 이른다. 이는 기존 연구와 비교했을 때 충분한 접합 강도를 가진다고 판단된다. [1]

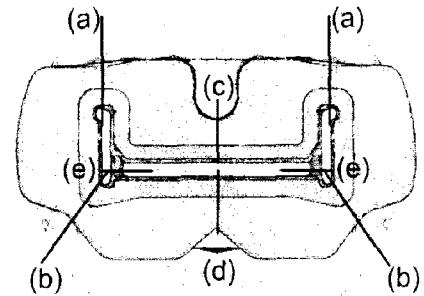
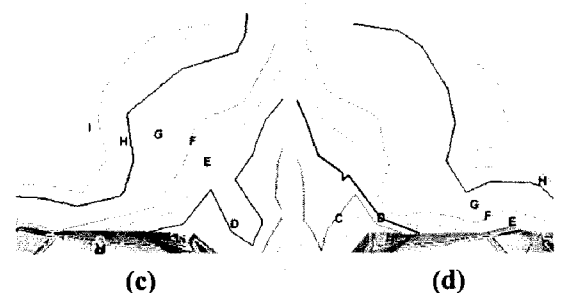
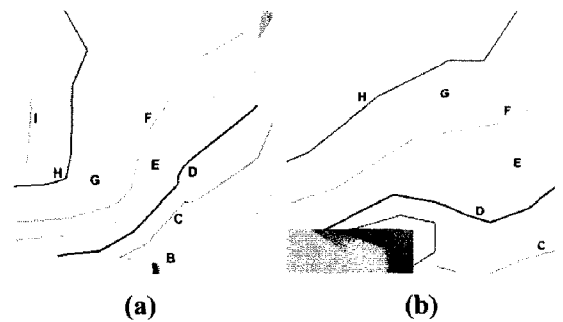


Fig. 6 Position of welding plane



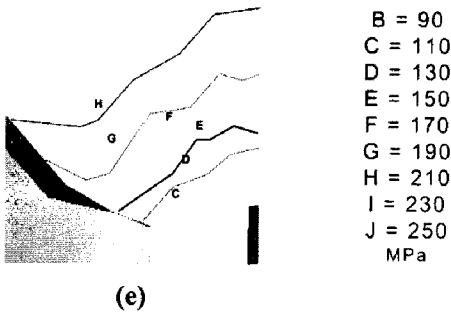


Fig. 7 Normal pressure at welding plane

4.3 금형 강도

Fig. 8 은 강도 해석 결과를 나타낸다. 최대 유효응력 분포를 나타내는 곳은 맨드렐과 브릿지가 교차하는 곳으로 압출 공정중 균열이 빈번히 발생하는 곳이다. SKD61 금형강의 항복강도는 1600MPa을 가진다. 해석결과 최대유효응력이 1060MPa을 나타내므로 소성변형이 발생하지 않을 것으로 판단된다.

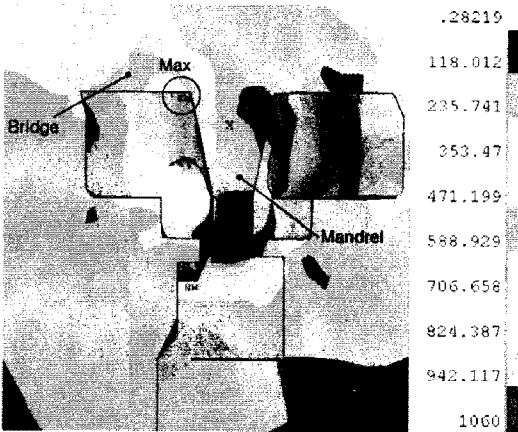


Fig. 8 Result of stress analysis in the die

4.3 실험 결과

Fig. 9 에 압출 실험에 의한 압출품을 나타내었다. 해석과 동일한 조건에서 양호한 제품을 생산할 수 있었다.

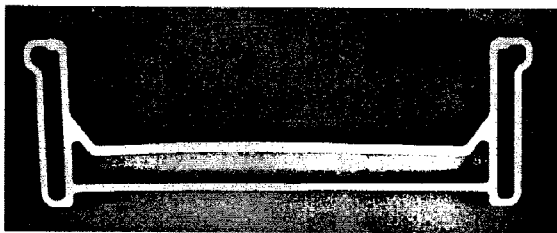


Fig. 9 The shape of extruded suspension arm

4. 결론

이상의 연구결과에서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 최대 압출하중은 1850 ton 으로 압출기 허용치의 약 56%이므로 압출 가능하였다.
- (2) 접합단계에서 모두 8 곳의 접합면이 형성되며, 이때 접합압력은 소재의 평균유효응력 2.0~5.1 배로 충분한 접합강도를 냈다.
- (3) 금형에 발생하는 최대유효응력은 금형재료의 항복 이하이다.

후 기

본 연구는 산업자원부 부품소재기술개발사업의 지원을 받아 행해졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 조형호, 이상근, 이선봉, 김병민, 2001, "포트홀 다이 압출방식에 의한 Al7003 튜브의 접합강도예측,"한국정밀공학회지 제 18 권, 제 7 호, pp. 179~185.
- [2] 오개희, 민유식, 박상우, 장계원, 2005, "알루미늄 압출공정변수에 따른 재결정층 두께 변화", 한국소성가공학회 2005 년도 춘계학술대회 논문집 pp.266~269.
- [3] S. O. Onuh, M. Ekoja, M. B. Adeyemi. 2003, "Effects of die geometry and extrusion speed on the cold extrusion of aluminium and lead alloys", Journal of Material Processing Technology 132, pp. 274~285.
- [4] Takatsuji, N. et al. 1995, "Effects of Die Shapes on Welding Shapes on Welding Strength of Extrusion Pipes by Porthole Die-Improvement in Quality of Hollow Extrusion I", JSPT Vol.36, No. 414, pp. 731~736.
- [5] Noris Tadatsuji, Mitsugu Tokiawa, Satoshi Murakami, kazoo Murotani, Kenji Matsuki and kazuhiko Yuasa, "Effects of Shapes on Welding Strength of Extruded Pipe by Porthole Die", Journal of the JSTP, Vol.37, No.428, 199