

CAE 를 활용한 자동차 알루미늄 로어암의 열간단조 공정개발에 관한 연구

김영중^{1,#}, 이광오¹, 박인우¹, 제진수²

A Study on the Hot Forging Process Development for an Automotive Aluminum Lower Arm by Computer Aided Engineering

Y. J. Kim, K. O. Lee, I. W. Park, J. S. Je

Abstract

Lower arm for automobile has been made in steel traditionally. Nowadays steel is being substituted for aluminum to reduce weight of automobile. Widely applied production method of aluminum component has been casting processes or cast/forging processes. But casting or cast/forging processes have limits of application to parts which is required high strength durability like automotive component. In this research, hot forging process has been adopted to produce aluminum lower arm to ensure required mechanical properties. To reduce production cost, 2 pieces with 1 blow process was developed. Optimization and verification of hot forging process for aluminum lower arm was performed by computer aided engineering using finite volume methods.

Key Words : Lower Arm(로어암), Aluminum Hot Forging(알루미늄 열간단조), Computer Aided Engineering(컴퓨터 원용 엔지니어링), Process Design(공정설계)

1. 서론

자동차용 로어암은 자동차 앞 바퀴축과 현가장치를 설치하기 위한 크로스멤버(Cross Member)를 연결하는 부품으로, 볼 조인트에 의해 조향 너클에 결합되어 있으며, 현가장치의 위치를 결정함과 동시에 횡력(Cornering Force)이나 전후 방향의 힘을 지지하는 기능을 하는 부품이다. 일반적으로 로어암은 재질이 강(Steel)인 경우, 강관을 프레싱하여 용접하는 경우가 대부분이고, 일부 강관을 단조한 후 조립하여 사용하는 경우도 있다[1]. 최근에는 현가 스프링 아래의 중량을 줄이기 위해 알루미늄 재질의 로어암 사용이 증가하고 있다.

알루미늄 재질의 경우, 주조 혹은 주,단조에 의하여 생산되고 있으나[2], 반복적인 피로하중을 받는 제품의 특성상 강도적인 측면에서 그 한계가 있어 최근에는 열간단조 공법에 의한 생산이 시도되고 있다.

본 연구에서는 열간단조 공법의 제조원가를 줄이기 위하여 한 번에 두 개의 제품을 동시에 성형하는 공정을 개발하고자 하였다. 유한 체적법을 채택하고 있는 MSC.Superforge 를 이용, 여러 공정 설계 변수를 검토하여 CAE 해석을 실시하였다[3]. 고온 상태의 알루미늄의 유동응력을 얻기 열간 압축실험을 수행하였고, 그 결과를 토대로 유한체적 해석을 실시하여, 최적의 열간단조 공정을 제안하고자 하였다.

1. 포정솔루션 부설연구소

2. 경상대학교 수송기계공학부

교신저자: 포정솔루션, E-mail: dudkim@empal.com

2. 열간 압축 실험

2.1 실험 소재

CAE 해석의 소재 물성치를 구하기 위하여 열간 압축 실험을 실시하였다. 소재는 Al6061 을 사용하였으며, Table 1 에 Al6061 의 주요 성분을 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of Al6061

Comp.	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
Wt(%)	0.4 ~ 0.8	0.7	0.15 ~ 0.4	0.15	0.8 ~ 1.2	0.15 ~ 0.4	0.25	0.15	Rem

2.2 실험 방법 및 결과

열간 압축 실험은 400°C ~ 550°C 의 온도 구간에 서 50°C 간격으로, 변형률 속도(strain rate)를 각각 0.05, 0.5, 1, 5(/s)로 하여 실시하였으며, 실험의 결과를 Fig.1 에 나타내었다. 실험의 결과를 CAE 해석의 소재물성치로 활용하였다.

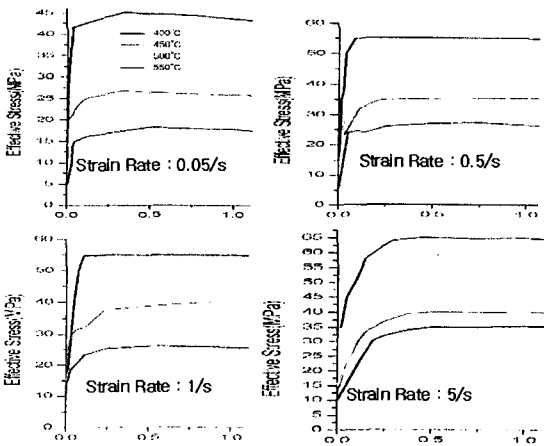


Fig. 1 Results of Hot Compression Tests

3. 공정 개발

3.1 제품 및 공정 개요

개발하고자 하는 공정은 한 번에 두개의 로어 암을 생산하는 열간단조 공정으로써, 완성 가공품의 형상을 Fig.2 에, 전체적인 공정 개요를 Fig.3 에 나타내었다.

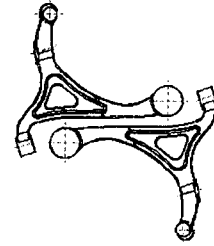


Fig. 2 Shape of Final Product

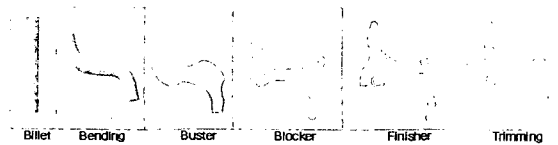


Fig. 3 Process Introduction

3.2 공정 설계 주안점

공정을 개발하기 위해서는 우선 제품의 형상을 분석하여 체적을 분배한 Finisher 설계가 필요하다. 이를 바탕으로 Blocker 를 설계하고, Blocker 의 형상을 분석하여 Buster 형상을 설계하고, Bending 소재의 형상을 설계하여야 한다. Fig.4 에 공정 개발의 Flow Chart 를 나타내었다.

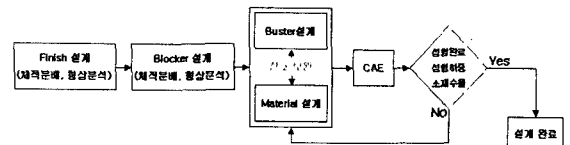


Fig. 4 Process Design Flow Chart

본 연구에서는 최적의 공정을 개발하기 위하여 Buster 의 설계에 주안점을 두었으며, Fig.5 에 나타낸 각 구역별로 소재의 유동이 잘 일어날 수 있도록 체적을 분배하여 설계하고자 하였다.

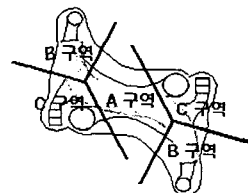


Fig. 5 Distribution of Regions in Buster

특히 소재의 접힘(Lapping)이 발생하지 않고, 미충진이 우려되는 C 구역으로 소재의 유동이 잘 되도록 경사를 만들어주어 Buster 를 설계하였다. 또한 Bending 소재는 소재의 회수율을 높이고, 미충진을 없애기 위하여 직경이 변하는 형태로 설계하였다.

3.3 CAE 해석

공정 설계의 결과를 분석하고, 검증하기 위하여 CAE 해석을 실시하였다. CAE 해석은 유한체적법을 채택하고 있는 MSC.Superforge 를 활용하여 3차원으로 해석을 실시하였다. Buster 형상을 세가지로 하여 해석을 실시하였으며, 해석의 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

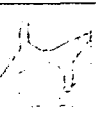









형태	Buster 형상 (하형)	CAE 결과(최종형상)		
		Buster	Blocker	Finisher
오픈			—	—
				
밀폐				

Fig. 6 Results of CAE Simulation

Fig.6의 결과를 보면 금형을 개방형으로 설계한 경우에 두 가지의 Buster 형태 모두에서 B 부분에 Burr가 과도하게 발생하고 있으며, C 부분은 성형이 완전히 되지 않는 것을 알 수 있다. 반면에 금형을 밀폐형으로 설계한 경우에는 Burr도 과도하게 발생하지 않으며, 성형도 완전하게 되었음을 알 수 있다.

각 공정에서의 성형 하중을 검토한 결과를 Fig.7에 나타내었다. Blocker, Finisher 공정에서 성형 하중이 과도하게 나타나는 것은 실제 제품을 성형하는데 필요한 하중이 아니라, Flash를 가압하는 하중이 계산되었기 때문이다. 과도한 성형 하중의 문제를 해결하기 위하여 밀폐형의 금형 구조를 Flash가 자유롭게 흘러갈 수 있도록 재설계하여 CAE 해석을 실시하였다. Fig.8에 금형의 구

조를 개선하기 전, 후의 Blocker 공정에서의 해석 결과를 나타내었다. Fig.8의 결과에서 알 수 있듯이 금형의 구조를 개선하여 Flash에 과도하게 걸리는 응력 및 성형 하중이 낮아졌음을 알 수 있다. 개선 후 Blocker 공정에서의 하중은 4,900ton으로 낮아졌다.

	Buster	Blocker	Finisher
Open	1,000ton	13,000ton	33,000ton
Closed	3,700ton	11,000ton	26,000ton

Fig. 7 Calculated Forming Load by CAE

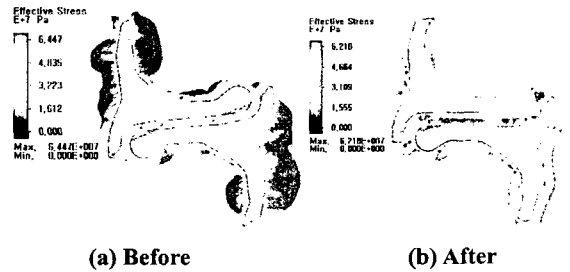


Fig. 8 Comparison of CAE Results in Blocker

CAE 해석을 통하여 검증하고, 분석한 최종적인 공정 설계 결과를 Fig.9에 나타내었다.

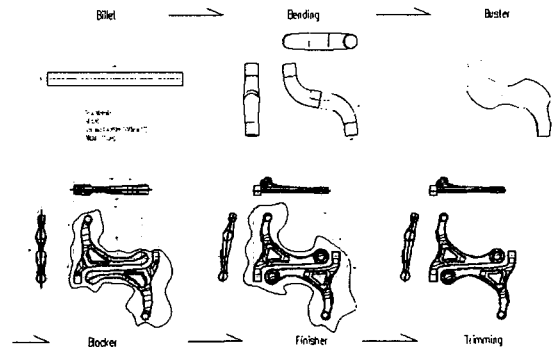


Fig. 9 Process Drawing

4. 결 론

CAE 를 활용하여 한 번에 두 개의 알루미늄 로어암을 생산할 수 있는 열간단조 공정을 개발하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) Buster 공정을 설계하는데 중점을 두어 공정을 개발하였으며, CAE 해석으로 검증한 결과 미성형이 발생하지 않는 공정을 제안하였다.

(2) 금형을 개방형으로 하는 것보다 밀폐형으로 하는 것이 과도한 burr 의 발생이나, 미충진의 문제를 해결하고, 성형 하중을 줄일 수 있는 방안을 해석으로 검증하였다.

(3) 향후 Blocker, Finisher 공정을 재설계하여 Flash 량을 줄임으로써 소재회수율을 높이고, 성형 하중을 감소시킬 수 있는 공정을 개발할 수 있을

것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 김정, 최한호, 강범수, 2002, 외연적과 내연적 유한요소법에 의한 자동차 로어암의 하이드로포밍 공정해석, 한국정밀공학회지, 제 19 권, 제 9 호, pp. 74~81.
- [2] 유민수, 권오혁, 배원병, 2003, 주조/단조 기술을 이용한 알루미늄 Lower Control Arm 제조에 관한 연구, 한국소성가공학회 2003 년도 춘계 학술대회 논문집, pp. 139~142.
- [3] 제정신, 1999, 유한체적법에 의한 3 차원 단조 가공 해석, 대한기계학회 1999 년도 추계기술대회 논문집 A, pp. 413~417.