

열간가스성형 공법을 이용한 알루미늄 리어 서브프레임 제조기술 개발

김병년¹ · 이기동² · 손제영³ · 김현영[#]

Development of Manufacture Technology on Aluminum Rear Subframe by Hot Air Forming Method

B. N. Kim, J. Y. Son, G. D. Lee, H. Y. Kim

Abstract

Due to new requirements of the automotive industry, concerning lightweight and non-corroding construction, new production methods, The Hot Air Forming process of aluminum alloys are of special interest. The disadvantage of aluminum alloy is the poorer formability compared to steel. The Hot Air Forming process is one of the forming process receiving recent attention. In the current study, Fabrication of aluminum rear subframe has been attempted using seam and seamless aluminum tubes. On the base of hot workability of the extruded tube and PAM-STAMP simulation results, Optimum condition for fabricating aluminum rear subframe parts by Hot Air Forming could be determined.

Key Words : Hot Air Forming , Aluminum, Subframe, Lightweight

1. 서론

최근 자동차의 급격한 증가로 인한 배기 가스 배출이 지구 온난화 및 환경 파괴의 주범으로 인식되면서 자동차 배기가스 저감을 위한 차량 경량화에 대한 요구가 증가되는 추세에 있다. 특히 서브프레임의 경우 현가계 시스템 전체 중량에서 가장 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 알루미늄 소재 적용시 그 경량화 효과가 매우 크다. 과거 알루미늄 서브프레임 개발은 부품의 복잡성으로 인해 경량화 효과가 낮은 주조공법을 많이 적용하였으나, 최근 자동차 부품 생산 공법의 발달로 인하여 다양한 형태의 공법이 적용된 알루미늄 서브프레임이 개발되고 있다. 해외 완성차 메이커들은 경량화 극대화 및 설계 자유도 향상을 위해 열간 가스 성형 및 하이드로 포밍 공법등을 적용한 복합 성형 서브프레임을 개발, 양산에 이미 적용하고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 서브프레임 주요 부품인 NO1, NO2 MEMBER에 대하여 최적 설계 및 성형해석을 실시하였으며, 열간가스성형 공법을 이용하여 알루미늄 리어 서브프레임을 제작함으로써 내구특성 만족 및 경량화 목적으로 수행되었다.

2. 본론

2.1 구상 설계 및 성형 해석

2.2.1 구상 설계

대상차종의 주요 포인트와 각부 기능을 포함하여 중공주조공법을 적용하여 SIDE MBR를 설계하였으며, 단면변화가 크고 고유진동모드에서 유연성이 요구되는 NO.1 MBR와 NO.2 MBR는 열간가스성형 공법을 적용하여 설계하였다. 그림 1은 구상 설계한 최종 형상을 나타내었다.

1. ㈜화신
2. ㈜화신
3. ㈜화신
#. 강원대학교

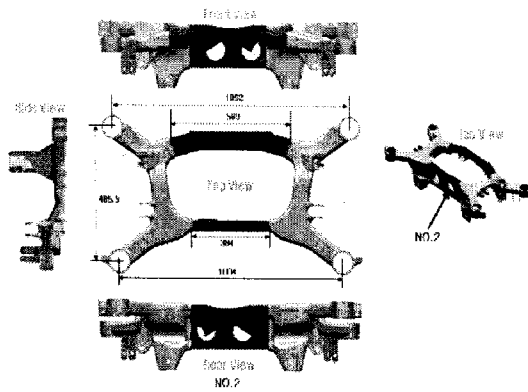


Fig. 1 Concept Design of the Aluminum Rear Subframe

그림 2는 스틸 사양과 알루미늄 사양의 설계 형상을 나타내었다.

	Steel 사양	Al 사양
설계그림		
Link type	5 Link	5 Link
중량	19.3 kg	12.8 kg (경량화율 34%)
적용공법	- NO 1, 2 : Press Stamping - Side : Hydroforming	- NO 1, 2 : Hot Air Forming - Side : Hollow Casting

Fig. 2 Concept Design of Rear Subframe (Steel vs Aluminum)

2.2.2 성형해석

최종 설계된 서브프레임 시제 제작을 위하여 열간 가스 성형 공법이 적용된 제품에 대한 해외 기술 벤치마킹을 실시하였다. 열간가스성형 공법의 국산화를 위해서는 단순 해외 SMPL제작 보다는 해외 기술에 대한 체계적인 접근이 필요하며, 특히 고온으로 가열된 금형과 소재를 이용하여 제품을 성형하기 위해 성형 해석의 정확성을 확보하는 것이 무엇보다도 중요하다. 그림 3은 성형 해석 소프트웨어인 PAM-STAMP를 이용하여 NO1, 2 MBR 열간 가스 성형 공법이 적용된 제품의 형상과 단면 위치에 따른 확관률 분포를 나타내었고, 또한 이를 통해 원소재 파이프의 직경 및 두께를 $\Phi 70, 4t$ 로 결정 할 수 있었다.

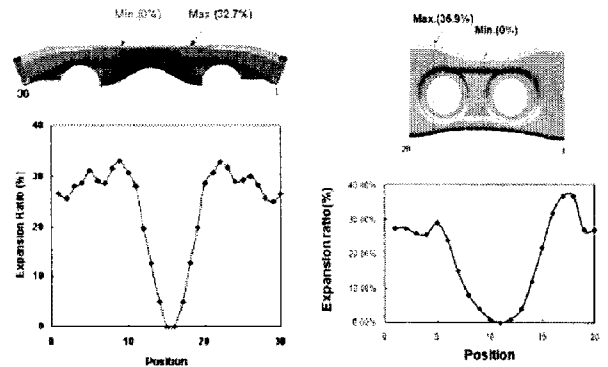


Fig. 3 Expansion Ratio(NO 1 & NO2 MEMBER)

2.3 시제품 제작

2.3.1 제작 공정

본 연구를 수행 하기 위하여 열간가스성형 장치를 개발 하였다. 열간 가스 성형 장치의 공정은 총 3 공정까지 성형 가능하며 성형 공정 진행 이전에 성형에 요구되는 최적의 온도로 직접가열 방식인 DC Heater 에 의해 소재가 가열된다. 이렇게 가열된 소재는 이송 장치에 의해 예열된 금형 시스템으로 이송되어 STAGE 1 확관 공정이 진행된다 이때 상·하 금형이 밀폐된 후 Side Nozzle 의 축 방향 압축력에 의한 Feed'g 및 소재 확관이 동시에 진행된다. 이렇게 확관된 소재는 STAGE 2·3 에서 최종 형상 성형이 이루어 진다. 그림 4 는 열간가스성형 공정흐름을 보여준다.



Fig. 4 Process Flow of Hot Air Forming

2.3.2 알루미늄 합금 소재

본 연구에 사용된 소재는 A5XXX 계 알루미늄 합금으로서, 대표적인 비열처리형 고강도 알루미늄 합금으로 주된 합금 원소인 Mg 의 고용강화를 통하여 고강도를 얻고 있으며, 우수한 연신율 및 용접 특성을 이용하여 하이드로포밍, 판재 프레스 성형 등의 소재로 사용되고 있다. 그러나 A5XXX 계 소재 압출시 용착부가 취약하여 확관성에 어려움을 갖고 있다. 따라서 비교적 형상이 복잡한 NO1 MBR 의 소재는 용착부가 존재하지 않는 Seamless 소재를 적용하고, NO2 MBR 는 용

작부가 존재하는 Seam 소재를 적용하였다.

2.3.3 열간가스 성형 조건 및 Try-out

열간가스성형 장치 시스템에서 제어 가능한 인자들은 내부 가스 압력, 축 방향 압축력, 소재 가열 온도, 상·하 금형 온도 등으로 시간에 대한 각 인자들의 조건 data 설정 및 Feed Back data의 이력 관리가 가능하도록 구성되어 있다. 그림 5는 STAGE 1 확관 공정시 내부 가스 압력 및 축 방향 압축의 시간에 대한 설정 값을 보여주고 있다.

또한 STAGE 1 성형 Tryout 결과 소재의 확관률이 36% 이상으로서 소재의 두께 산포 또한 원소재 두께와 비교했을 때 거의 동일함을 그림 5를 통해 알 수 있다.

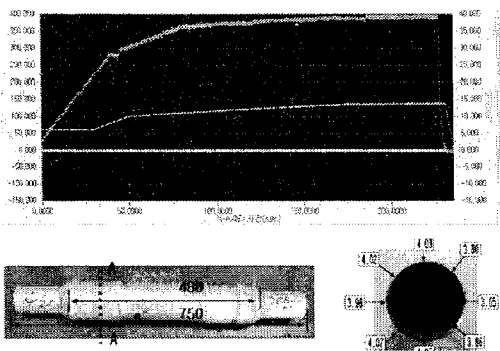


Fig. 5 STAGE 1 condition & Part section

STAGE2 공정에서는 STAGE1 공정과는 다르게 Side nozzle 이 축 방향 압축력에 의해 Feed'g 이 진행 되는 동시에 상·하 금형 PAD 작동으로 인해 최종 형상 성형이 이루어진다. 그림 6은 STAGE2에서의 제어 data 및 최종 형상의 단면 두께 산포 측정 결과를 보여주고 있다.

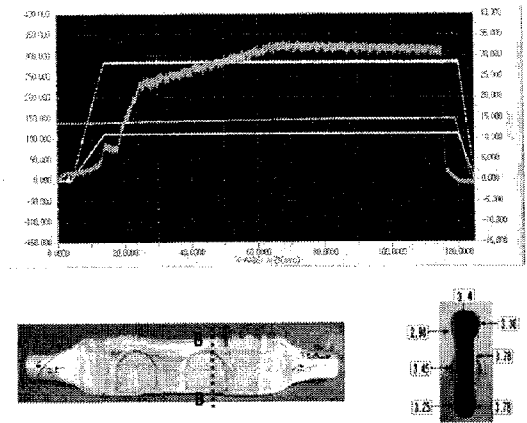


Fig. 6 STAGE 2 condition & Part section

상기의 STAGE 1·2 공정 제어 시스템에 의해 아래 그림 7 과 같이 알루미늄 리어 서브프레임 NO1·2 MBR 시제 제작을 완료 하였다.

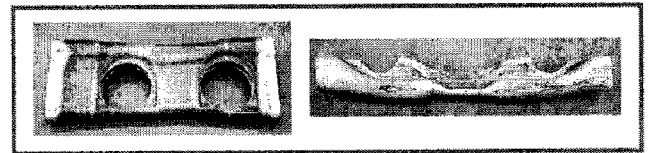


Fig. 7 NO 1 & NO 2 MEMBER

그림 8 은 각 단품 용접 Assembly 후 내구 시험 결과 100 만회를 만족한 알루미늄 리어 서브프레임이다.



Fig. 8 Aluminum Rear Subframe

3. 결 론

열간가스성형 공법 적용을 통한 자동차 현가계 부품인 알루미늄 리어 서브프레임 제작을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 열간가스성형 공법 성형 제어 시스템 Data-Base를 구축하였다.

(2) 열간가스성형 공법을 적용하여 알루미늄 리어 서브프레임을 개발함으로써, 스틸 사양 대비 34% 경량화에 성공하였다.

(3) 성형 결과에 영향을 미치는 주요인자는 소재 및 금형 온도제어와 시간 변화에 따른 소재 내부 가스 압력 및 축방향 Feed'g 속도임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

James G Schroth, 'General Motors' Quick Plastic Forming Process', TMS Annual Meeting (Charlotte, North Carolina)pp.5-9,2004.

[1] John E. Carsley and Richard H. Hammar, 'Heating Aluminum Sheet to Enable High-Strain Forming', Tms Annual Meeting (Charlotte, North Carolina)pp. 10-14,2004

[2] M Treude, Reduce the cost of hydroformed parts, Metalforming Mag. 36(12)(2002)230-33.