

# Air Bulging을 이용한 열간 알루미늄 성형에 관한 연구

박동환<sup>#1</sup>, 강성수<sup>2</sup>, 김병년<sup>3</sup>

## Study on Al Hot Forming using Air Bulging

D. H. Park, S. S. Kang, B. N. Kim

### Abstract

The benefits of hydroforming technology are known as weight and cost savings through part consolidation and reduced post-forming processes such as welding and piercing. Hydroforming technology has some weaknesses in terms of process cycle times. But, as the hydraulic system and process designs are continuously developed, the cycle time is also reduced to acceptable and competitive levels. Hot air bulging is one of recently developed hydroforming techniques. Hot air bulging in order to further extend the forming degrees of Al lightweight material is investigated. A heated tube is placed in a heated die and sealed at the ends by sealing cylinders. The tube is subsequently expanded against the die cavity wall by internal pressure provided by air medium. The result of this study shows that axial feeding speed and air pressure have an effect on formability of Al air bulging at elevated temperature.

**Key Words:** Hydroforming, Hot Air Bulging, Al Hot Forming, Lightweight Material, Air Medium, Axial Feeding Speed

### 1. 서론

국제 유가의 상승, CO<sub>2</sub> 배출 규제에 대응하기 위한 기술로 현재 대표적으로 알루미늄 합금을 자동차에 적용하는 경량화 부품제조기술 연구가 전 세계적으로 활발하게 진행되고 있다. 알루미늄 컨트롤 암의 경우 자동차의 조향을 담당하는 기능 부품으로 기존 스틸(steel) 부품의 중량보다 경량으로 스틸 부품과 동일한 성능을 발휘할 수 있다는 것이 장점이다. 또한 기존 다수의 부품이 용접을 통해 제조되는 것과 달리 단일 공정으로 만들 수 있어 부품의 모듈화도 용이하다. 스틸 부품을 알루미늄 부품으로 교체하면 경량화를 수반해 승용차는 운전자의 명령에 신속히 반응하고 승차감도 크게 향상된다. 기존의 알루미늄 냉간 하이드로포밍에 비해 열간 별지 성형 공법은 알루미늄 관재의 성형 자유도를 향상하기 위한 신공법

으로, 알루미늄의 우수한 고온 성형성을 이용하여 관을 열간으로 유지한 상태에서 성형함으로써 기존보다 증가된 확관률을 얻을 수 있고, 그 결과 복잡한 형상의 성형이 가능하여 부품 통합화가 가능하게 된다. 이와 더불어 확관 성형시의 내압이 기존 하이드로포밍 공법에 비해 상당히 감소됨으로써 생산설비의 소형화가 가능하다.

경량화 실현을 위해 여러 선진 부품 업계에서는 점차적으로 중대형 차량의 현가 부품에 경량 재료인 알루미늄 합금을 적용함으로써 기존 강재 부품보다 약 20~40% 정도 경량화를 달성하고 있다. 하지만 종래 알루미늄 적용 부품의 경우 관재 또는 관재를 상온에서 성형함으로써 인해 낮은 성형성에 의한 성형자유도의 한계와 이에 따른 총 부품수 증가 및 용접수 증가 등으로 인해 품질 저하가 문제점으로 대두되고 있다.

1. 경북하이브리드부품연구원
  2. 부산대학교 기계공학부
  3. (주) 화신
- # E-mail: pdh@ghi.re.kr

Air Bulging을 이용한 열간 벌지 성형공법은 알루미늄 소재 성형 자유도를 향상하기 위한 것으로 기존 하이드로포밍 기술이 갖는 낮은 성형성을 획기적으로 개선한 공법이다. 알루미늄은 순도가 높으면 연하고, 불순물이 증가하면 강도가 증가하고, 전연성이 풍부하고, 400-500℃에서 연신율이 최대로 되는 성질이 있다. 알루미늄 합금을 승온함에 따라 변형저항이 상온에 비해 감소하고, 연신률은 증가한다. 이러한 뛰어난 고온 성형성을 이용하여 관재를 열간으로 유지한 상태에서 성형함으로써 기존보다 증가된 확장률을 얻을 수 있고, 그 결과 복잡한 형상의 성형이 가능하게 된다. 따라서 본 연구에서는 기존 철강의 하이드로포밍 기술의 한계를 극복할 수 있는 기술로서 알루미늄 열간 벌지 성형을 시뮬레이션할 수 있는 유한요소해석 모델을 구성하고 실제 자동차 컨트롤 암 부품에 적용하였다.

## 2. 고온 인장 시험

Al 합금관을 열간 벌지 성형공법으로 자동차용 컨트롤 암 제품을 제작하기 위하여 고온인장시험을 실시하였다. 소재는 열간 벌지 성형을 위해 개발된 Al 5xxx 계열 합금 소재이며, 인장 시편은 KS-sub 규격으로 압연방향에 대해 0°로 채취하였다. 인장시험 속도는 5mm/min로 하고, 시험 온도는 상온에서 550℃까지 실험하였다. 여기서 500℃에서 인장시험 결과는 Fig. 1과 같이 변형률이 증가함에 따라 응력이 감소하여 감을 알 수 있으며, 변형길이-하중 그래프에서 최대하중까지의 공칭응력-공칭변형률 데이터를 이용하여 진응력-진변형률로 변환하였다. 자동차용 컨트롤 암 제품의 공정순서는 1공정 확관 가공(pre-bulging), 2공정 사이드 캠 가공(side cam), 3공정 포밍 가공(forming)으로 구성하였다. 1공정에서 확관률의 결정은 2공정과 3공정 가공을 하기 위해서 두께관리 측면에서 아주 중요하다. Fig. 2는 1공정 확관 가공을 나타낸다. 확관률의 선정은 Al 합금관의 원주길이를 기준으로 얼마나 확관되어야 제품 형상을 만들 수 있는지를 알 수 있다. 컨트롤 암 제품의 기본 단면 길이를 기준으로 관의 직경을 63mm로 결정하였다.

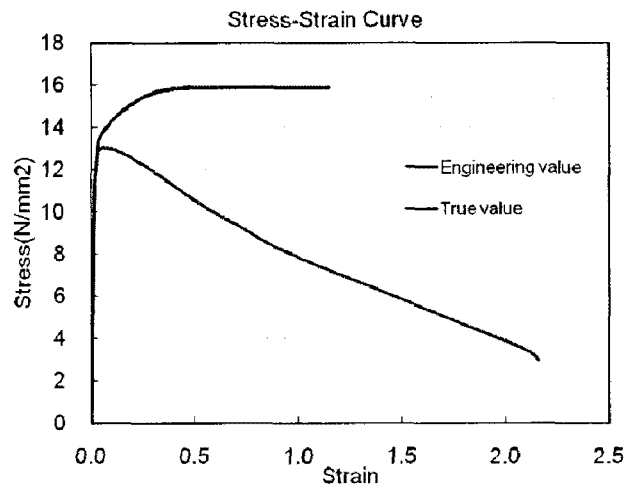


Fig. 1 Al 5xxx stress-strain curve of 500℃

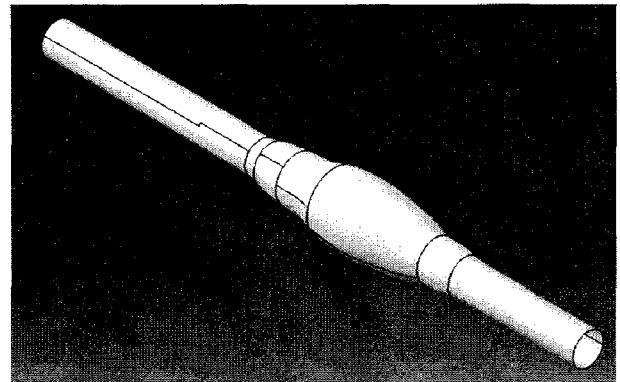


Fig. 2 Pre-bulging process

## 3. 열간 벌지 성형해석

Fig. 3은 컨트롤 암 제품을 보여준다. 컨트롤 암의 경우 자동차의 조향을 담당하는 기능 부품으로 알루미늄 합금을 자동차에 적용하는 경우에 부품 경량화가 가능하다. 알루미늄 합금을 통해 조향·현가 부품을 제조할 경우 기존에 steel의 경우 다수의 부품을 용접을 통해 제조하던 공정을 단일 공정으로 바꿈으로써 부품의 모듈화가 더욱 용이하게 이루어질 수 있는 장점이 있다. Fig. 4는 컨트롤 암의 1공정 확관 가공을 위한 금형 모델을 나타낸다. 확관 공정은 Al 합금관을 500-530℃ 정도로 예열하고, 금형 온도를 500-530℃로 유지하면서 관 양쪽에 공기를 매체로 압력을 가압하고, 또한 동시에 축방향으로 피딩(feeding)을 주면서 확관 가공하는 공정이다. 1공정 확관 가공 시에 축방향 피딩량이 많으면 좌굴이 일어나고, 작으면 두께감소가 많아져 파단이 발생한다. Fig. 5는 1공정 확관 가공의 성형해석 결과를 보여준다.

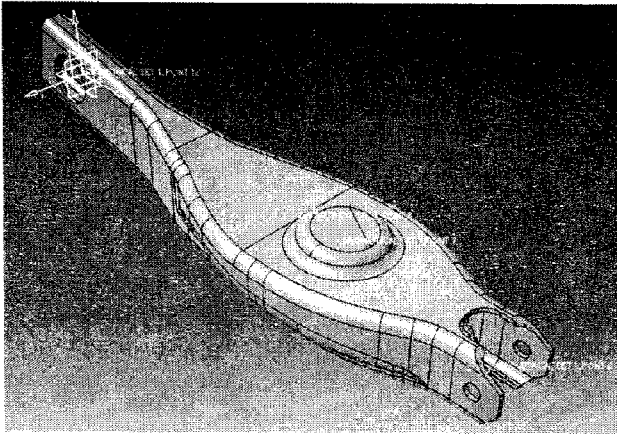


Fig. 3 Control arm

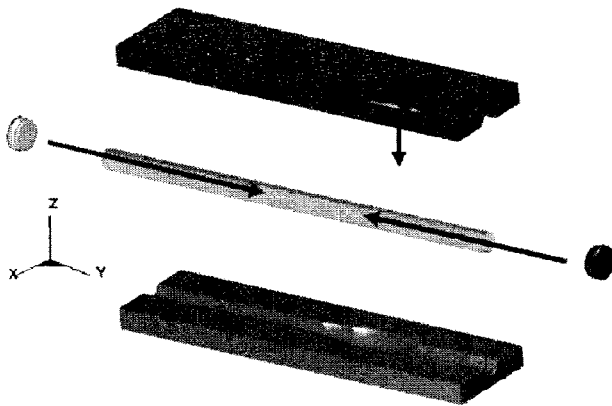


Fig. 4 Die model of pre-bulging process

#### 4. 결론

본 연구에서는 고온 인장 시험을 통한 물성치를 이용하여 컨트롤 암의 유한요소 해석을 수행하였으며, 성형해석 결과가 시험 결과와 유사한지를 비교하였다. 고온에서의 축방향 피딩과 공기압력을 고려한 금형 모델을 구성하였으며, 고온 물성치를 이용하여 축방향 피딩과 공기압력 조절을 통하여 성형해석을 수행하였다. 성형해석 결과와 실험치 결과가 유사함을 확인할 수 있었다.

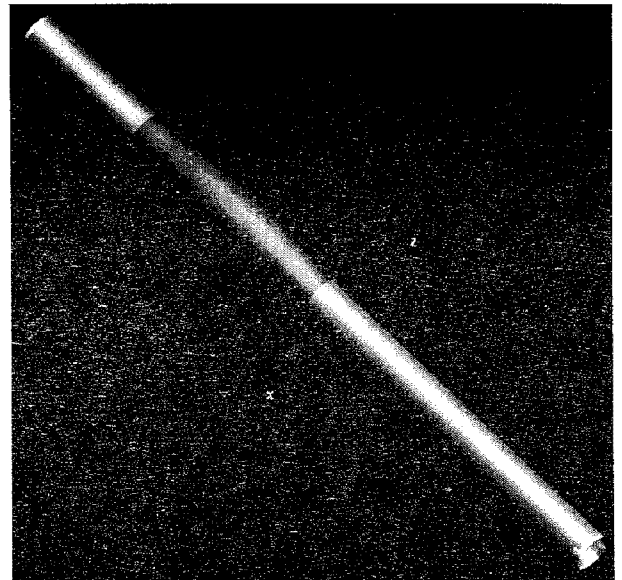


Fig. 5 Analysis result of pre-bulging process

#### 참 고 문 헌

- [1] Muammer Koc, 2008, Hydroforming for advanced manufacturing, Woodhead Publishing Ltd.
- [2] 김기주, 이용현, 배대성, 성창원, 백영남, 손일선, 2009, 차량 엔진크레들용 크로스멤버 부품의 하이드로포밍 가공 및 해석, 한국자동차공학회 논문집, 제17권, 제2호, pp. 98~103.
- [3] 강대민, 황종관, 2004, AZ31 마그네슘합금판의 온간 디프드로잉 성형성 해석, 한국기계가공학회지, 제3권, 제1호, pp. 52~58.
- [4] Y. T. Keum, B. Y. Han, 2002, Springback of FCC sheet in warm forming, Journal of Ceramic Processing Research, Vol. 3, No. 3, pp. 159~165.
- [5] 김현영, 윤석진, 이기동, 김양수, 2008, 알루미늄 튜브를 이용한 자동차 리어 서브 프레임의 열간가스 성형해석, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp. 26~29.