

알루미늄 범퍼 빔 곡률압출공정에 관한 연구

이상곤¹ · 김병민[#] · 오개희² · 박상우²

A Study on The Curvature Extrusion for Al Bumper Beam

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

Abstract

Recently, aluminum is widely used to reduce the vehicle weight. Aluminum curved extruded products are used for the design of automotive frame parts. This study focuses on the determination of process condition for automotive bumper beam with various curvatures. In this study, a curvature prediction model has been proposed considering the geometric relationship and the characteristic of the curvature extrusion equipment. Using the proposed model and FE analysis, the appropriated process condition was determined to produce the bumper beam. Finally, curvature extrusion experiment was carried out to verify the effectiveness of the proposed curvature prediction model and the process condition.

Key Words : Curved Extruded Product(곡률압출품), Bumper Beam(범퍼 빔), Curvature Prediction Mode.(곡률예측모델), FE Analysis(유한요소해석), Curvature Extrusion Experiment(곡률압출실험)

1. 서론

최근 자동차의 경량화 일환으로 알루미늄의 적용이 증가하고 있다. 특히 알루미늄 압출제품의 경우 자동차 차체 프레임에 포함한 주요 구조물용으로 활발히 적용되고 있다[1]. 직선형태의 압출제품에 대하여 요구되는 형태를 가진 최종 부품을 만들기 위해서는 압출 후 후속공정이 필요하다. 특히 곡률을 가진 알루미늄 압출제품을 만들기 위해서는 압출 후 냉간 벤딩공정이 가해진다[2]. 압출 후 가해지는 스트레치 벤딩 혹은 벤딩금형을 이용한 벤딩공정의 경우 추가 설비의 요구에 따른 생산비용의 증대뿐만 아니라, 스프링백, 국부좌굴 및 압출제품 두께 감소 등의 문제가 자주 발생하고 있다. 최근 이러한 문제점을 해결하기 위해 열간압출공정과 동시에 압출제품에 굽힘가공을 가해주는 곡률압출공정에 관한 연구들이 진행되고 있다[3]. 곡률압출공정의 경우 압출된 고온상태의 압출제품에 굽힘을 가해줌으로써, 냉간 굽힘 시 발생하는 문제점을 해

결할 수 있으며, 고가의 추가 벤딩장비를 제거할 수 있어 생산비용도 줄일 수 있다.

본 연구에서는 곡률을 가진 자동차 알루미늄 범퍼 빔을 생산하기 위한 곡률압출공정 조건을 설정하였다. 이를 위하여 우선 곡률압출 시 곡률 예측모델을 제안하였으며, 제안된 곡률예측모델을 이용하여 다양한 곡률을 가진 범퍼 빔을 생산하기 위한 공정조건을 제시하였다. 제안된 공정조건에 대하여 곡률압출실험을 실시한 후 최종제품의 치수 평가를 통하여 그 타당성을 검증하였다.

2. 곡률압출공정

2.1 곡률압출공정

Fig. 1 에 본 연구에서 적용한 곡률압출장치의 개략도를 나타내었다. Fig. 1 에서 보듯이 압출금형 출구부를 빠져나온 압출제는 그립틀을 거친 후 가이드틀에 장착되어 있는 가이드롤을 통과하게 된다. 압출제가 가이드롤을 통과한 후 가이드롤이

1. 부산대, 부산대-IFAM 국제공동연구소
2. ㈜동양강철 기술연구소
교신저자: 부산대 기계공학부, E-mail: bmkim@pusan.ac.kr

압출방향과 수직으로 이동함으로써 곡률이 형성된다.

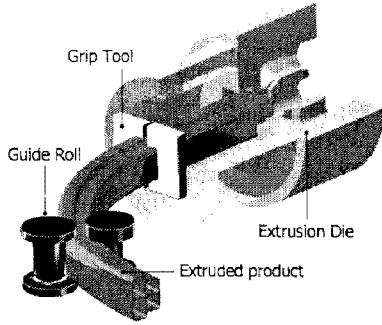


Fig. 1 Equipment of curvature extrusion

2.2 곡률예측모델

곡률압출 시 곡률은 가이드롤의 이송에 의해 성형된다. Fig. 2에서 보듯이 가이드롤의 이동거리 (U), 그립툴과 가이드롤 사이의 거리(a)에 대하여 곡률(R)은 다음의 식(1)로 계산이 가능하다.

$$R = \frac{U^2 + a^2}{2U} \quad (1)$$

Fig. 2에서 보듯이 실제 곡률압출장비의 경우 압출품과 가이드롤 사이(d_1), 그리고 압출품과 그립툴 사이(d_2)에 간극이 존재하며, 이 간극들은 최종제품의 곡률 치수정도에 영향을 미친다. 이들 간극을 고려할 경우 식(1)은 다음의 식(2)로 나타낼 수 있다.

$$R = \frac{(U - d_1 - d_2)^2 + \left[a + A(d_2) \cdot \exp\left(-\frac{U}{B(d_2)}\right) + C(d_2) \right]^2}{2(U - d_1 - d_2)} \quad (2)$$

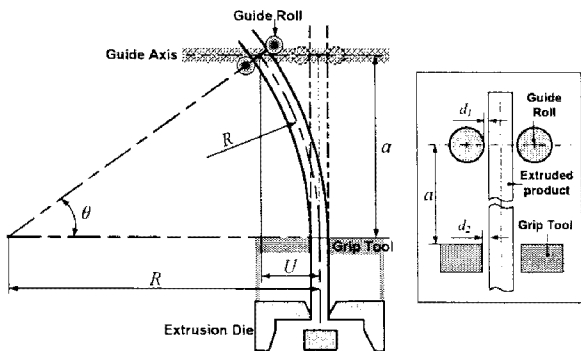


Fig. 2 Relationship between guide roll movement and curvature

3. 곡률압출공정 성형해석

3.1 범퍼 빔 포트홀 압출공정해석

Fig. 3에 본 연구에서 적용한 알루미늄 범퍼 빔을 나타내었다. 곡률 1,863 mm와 2,163 mm로 이루어진 제품으로 단면은 중공형이다.

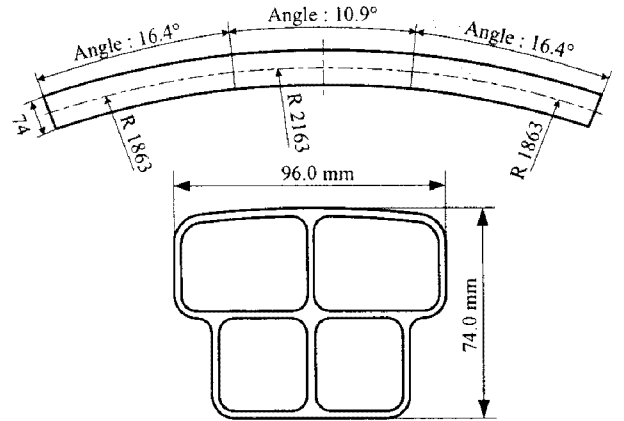


Fig. 3 Aluminum bumper beam

우선 중공단면제품 생산을 위한 포트홀 압출공정에 대한 성형해석을 수행하여, 압출하중, 출구부에서의 소재온도를 평가하였다[4]. 초기소재는 A7000계 합금으로 성형해석을 위한 유동응력 데이터는 열간압축실험을 통하여 확보하였다. Fig. 4에 온도 및 변형률속도에 따른 유동응력곡선을 나타내었다.

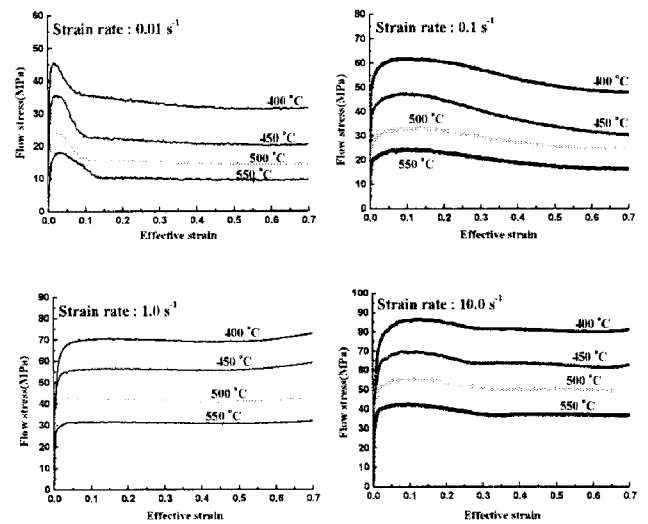


Fig. 4 Flow stress curve of A7000 alloy

성형해석은 DEFORM-3D를 이용하였으며, 범

퍼빔 단면의 대칭성을 고려하여 1/2 단면에 대한 해석을 수행하였다. Fig. 5와 Table 1에 각각 초기 성형해석 모델과 해석조건을 나타내었다.

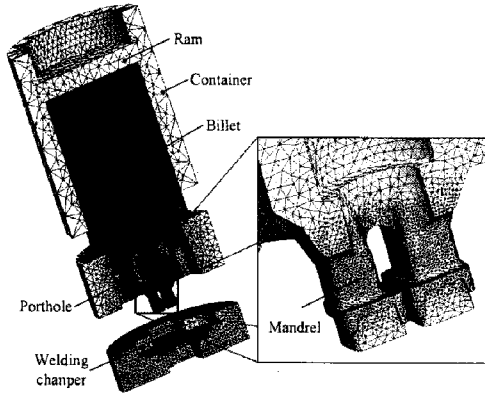


Fig. 5 Initial FE model of porthole extrusion

Table 1 FE analysis condition

Analysis condition	Value
Material of tools	AISI-H13
Initial billet Temp.(°C)	480
Initial tools Temp.(°C)	460
Friction factor(m)	0.6
Ram speed(mm/s)	1.0
Extrusion ratio	50.9

Fig. 6에 성형해석결과 압출하중을 나타내었다. 압출하중은 소재가 압출금형 출구부를 빠져나올 때 약 1,320 ton으로 최대값을 나타내었다.

Fig. 7은 압출다이 출구부에서 소재 온도분포를 나타낸 것이다. 출구부에서 최대온도는 약 535°C로 적용소재의 용융온도인 610 °C보다 낮음을 알 수 있다.

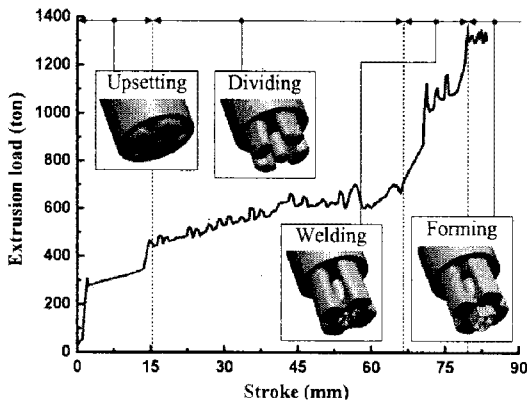


Fig. 6 Stroke-load curve

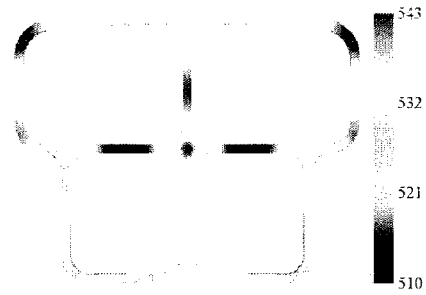


Fig. 7 Temperature(°C) of material at die exit

3.2 가이드롤 이송조건

본 연구에서 적용한 범퍼 빔의 곡률을 성형하기 위해서는 Fig. 8에서 보듯이 가이드롤은 ①→②→③→②로 이동되어야만 한다.

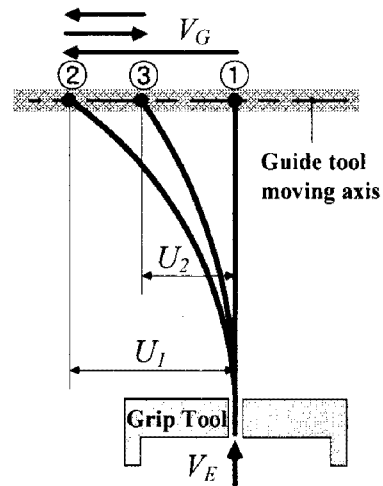


Fig. 8 Guide tool moving path

식(2)와 압출속도 및 가이드롤의 이송속도를 고려한 가이드롤 이송조건을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Guide roll moving condition

Movement of guide tool	Guide tool position(mm)	Moving distance(mm)	Moving time(sec)
①→②	-	+45.6	0.11
②	45.6	0	15.07
②→③	-	-4.3	15.08
③	41.3	0	24.77
③→②	-	+4.3	24.78
②	45.6	0	35.22

Table 2의 가이드롤 이송조건에 대하여 우선 실험해석을 통하여 그 타당성을 검증하였다. Fig. 9

에 굽힘공정해석모델을 나타내었다. 굽힘공정은 포트홀 압출공정의 변형이력을 고려하여 수행하였다.

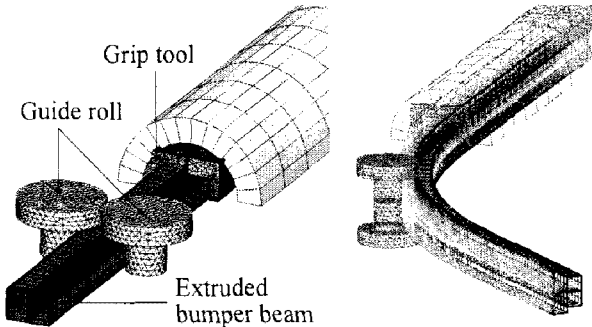


Fig. 9 Analysis model of bending process

굽힘공정해석결과 Fig. 10 에서 보듯이 Table 2 의 조건을 적용한 경우 요구곡률을 가진 범퍼 빔 성형이 가능하였다.

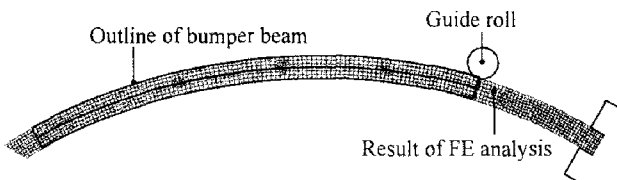


Fig. 10 Analysis result of bending process

4. 곡률압출 실험

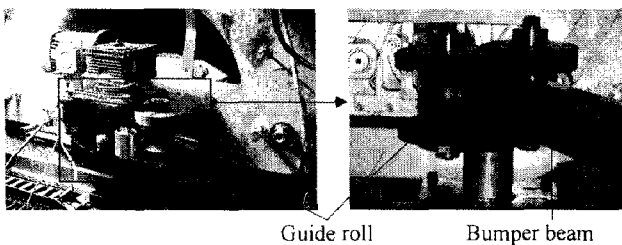


Fig. 11 Curvature extrusion equipment

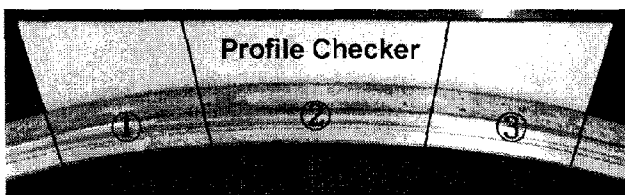


Fig. 12 Evaluation of the dimension of bumper beam

이상의 결과에 대한 타당성을 검증하기 위하여 Fig. 11 의 곡률압출장비를 이용하여 범퍼 빔에 대한 곡률압출실험을 실시하였다. 생산된 범퍼 빔에 대하여 Fig. 12 와 같이 프로파일 체커를 제작하여 치수를 평가한 결과 제품의 끝단부에서 최대 3 mm 의 오차가 발생하였으나 제품의 품질에는 영향을 미치지 않는 범위였다.

5. 결론

본 연구에서는 곡률압출공정에 있어 곡률을 정확하게 예측할 수 있는 모델을 제안하였다. 제안된 모델을 이용하여 여러 개의 곡률부로 이루어진 자동차 범퍼 빔에 대한 곡률압출 공정조건을 설정하였으며, 설정된 조건에 대하여 성형해석을 통하여 그 타당성을 평가하였다. 마지막으로 곡률압출 실험 및 생산된 제품에 대한 치수평가를 통하여 그 타당성을 검증하였다.

후 기

이 논문은 2008년도 교육과학기술부의 재원으로 국제과학기술협력재단의 지원(No. K20601000004-07E0100-00410) 및 지식경제부 부품소재기술개발사업의 지원을 받아 행해졌으며 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] K. Kleiner, 2006, Metal forming techniques for lightweight construction, J. Mater. Process. Tech., Vol. 177, pp. 2~7.
- [2] A. H. Clausen, O. S. Hopperstad, M. Langseth, 2000, Stretch bending of aluminum extrusion for car bumpers, J. Mater. Process. Tech., Vol. 102, pp. 241~248.
- [3] B. K. Müller, 2006, Bending extruded profiles during extrusion process, Int. J. Mach. Tool. Manufac., Vol. 46, pp. 1238~1242.
- [4] H. H. Jo, S. G. Lee, J. N. Park, B. M. Kim, 2001, Unsteady state analysis of Al tube hot extrusion by a porthole die, Trans. Mater. Process., Vol. 10, pp. 311~318.