

굽은 T形 제품의 편심압출가공에 대한 상계굽힘해석과 DEFORM™-3D에 의한 굽힘해석 비교

*김한봉, *김진훈, **진인태

**부경대학교 기계공학과, *부경대학원 기계공학과

Analysis of the Curving Phenomenon of Curved T-Shaped Product by the Upper Bound Analysis and the DEFORM™-3D in Eccentric Extrusion.

*Han Bong Kim, *Jin Hoon Kim, **In Tai Jin

*Graduate school, Pukyong National University

**Dept. of Mechanical Engineering, Pukyong National University

Abstract

The kinematically admissible velocity field is developed for the analysis of the curving of an eccentric extrusion. The curving of product in extrusion is caused by the difference of the linearly distributed longitudinal velocity on the cross-section of the workpiece at the dies exit. The result of the analysis show that the curvature of product increases with the increase in eccentricity of gravity center of the cross-section of the workpiece at the die entrance from that of the cross-section at the die exit. It also increase with the die land dimension.

By the DEFORM-3D analysis, the curving of T-shaped product in extrusion is changed by the eccentricity, die land length and the friction constant. The result of the analysis by DEFORM-3D software shows that the curvature of circular shaped product increases with the eccentricity. The two analysis and one experiment show the curving phenomenon in eccentric extrusion process.

1. 서 론

T形제품의 편심압출에서의 굽힘 현상을 해석하기 위해 동적가용속도장을 개발, 상계해법으로의 해석한 바 있다.²⁾ 본 연구에서는 상용 Software인 DEFORM™-3D에 의하여 출구측이 편심된 다이틀 사용한 T形제품의 압출가공에서 굽힘이 발생함을 확인하고 상계해법의 속도장과 비교하였다. 그리고 간단한 편심압출 실험을 통하여 출구측단면의 편심이 굽힘현상의 원인임을 확인하였으며, 굽힘방향은 다이 출구측 편심위치에 따라 굽는 방향이 바뀌는 것을 알 수 있었다.

또한, DEFORM™-3D에 의해 출구측 단면의 편심량, 다이랜드부 길이, 마찰상수 등의 가공조건에 대한 굽힘의 정도를 해석한 결과를 기술한다. 상계해석 및 DEFORM™-3D 해석, 그리고 간단한 실험을 통하여 출구측 단면의 편심이 압출가공 중의 굽힘 원인임을 알 수 있었고 이를 이용해 T형 제품의 압출가공과 굽힘가공을 동시에 할 수 있는 편심압출가공법의 기초를 마련하게 되었다.

2. 상계해석 결과에 의한 속도장 분포 및 실험

2-1. 굽힘속도장의 구성 및 속도분포

Fig.1 처럼 다이 출구에 있어서 제품의 굽힘현상은 축방향속도가 균일하지 않고 선형적으로 편차 되어진 속도분포에 의해서 발생하며, 또한 Fig.2 처럼 편심위치에 따라 굽힘방향이 변한다.

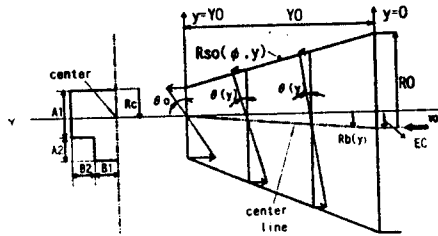


Fig. 1 Velocity distribution

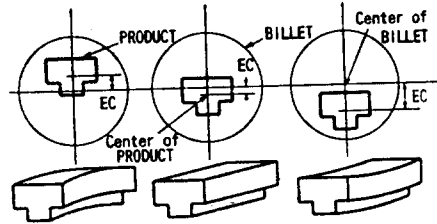


Fig. 2 Curving direction

축방향 속도 $V_y(r, \phi, y)$ 의 굽힘 속도 분포식은 다음 식(1), (2), (3)으로 정의하고 그 굽힘정도와 방향은 소성일 최소원리에서 구한다.

$$V_y(r, \phi, y) = \bar{V}_y(y) + \Delta V_y(r, \phi, y) \quad \text{----- (1)}$$

$$\bar{V}_y(y) = V_0 \cdot \frac{\int_0^\pi r_{so}^2(\phi, y_i) \cdot d\phi}{\int_0^\pi r_{so}^2(\phi, y) \cdot d\phi} \quad \text{----- (2)}$$

$$\Delta V_y(r, \phi, y) = D(r, \phi, y) \cdot K(y) = \{r \cdot \cos\phi - R_b(y)\} \cdot \tan\theta(y) \quad \text{-(3)}$$

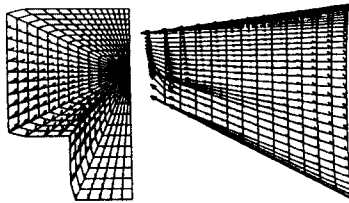


Fig. 3 Eccentricity 20mm

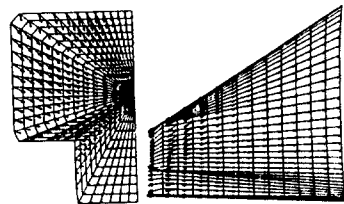


Fig. 4 Eccentricity -20mm

2-2 평다이에 의한 편심압출실험

편심 경사형 다이의 제작상 어려움으로 평다이를 제작하여 간단한 굽힘실험을 하였다. Fig.5는 편심된 방향과 반대방향으로의 제품의 굽힘을 확인하였고, Fig.6은 출구측 단면의 편심이동에 따라 제품의 굽힘방향이 바뀔 수 있다.

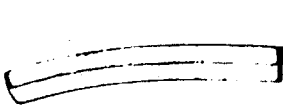


Fig. 5 Aspect ratio=1.2 eccentricity=7mm



Fig. 6 Aspect ration=0.7 eccentricity=3mm

3.DEFORM™-3D에 의한 굽힘해석 결과

출구측 형상의 편심으로 인한 제품의 굽힘에 대해서 상계해와 실험으로 확인한 내용을 DEFORM™-3D 시뮬레이션 해석에서도 확인할 수 있으며 또한 가공변수를 변화시켜서 굽힘정도의 영향을 비교한다. Fig.7은 Table.1의 해석조건을 사용한 T形 편심압출 시뮬레이션 결과를 보여준다.

Table.1 Condition of analysis

inlet speed(V0)	12.7mm/sec
Billet radius(R0)	15mm
Eccentricity(EC)	7mm
Die length(D.L)	45mm
Friction Constant(m)	0.1
Land length(L.L)	2mm

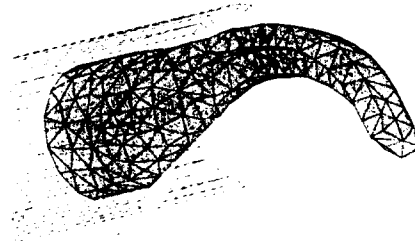


Fig. 7 Result of DEFORM™3D

3.1 단면형상과 굽힘곡률과의 관계

출구측 단면의 편심에 의해서 굽힘이 발생함과 동시에 단면의 모양에 따른 편심위치의 이동에 따라 굽힘방향이 바뀔 수 있다. Fig.8은 편심된 방향과 반대방향으로 굽힘이 발생하였으나 Fig.9는 출구측 다이면의 형상 변화에 따른 편심위치의 이동에 따라 굽힘방향이 바뀌는 모양을 보여준다.

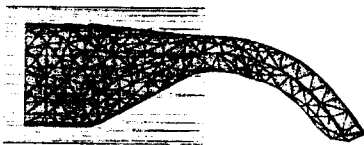


Fig. 8 Aspect ratio=1.2 (EC=7mm)

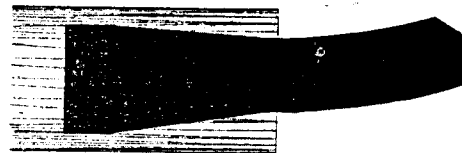


Fig. 9 Aspect ratio=0.7 (EC=3mm)

3.2 다이 랜드부 길이와 굽힘곡률과의 관계

Fig.10은 랜드부 길이가 길면 길수록 굽힘현상이 일어나지 않음을 알 수 있다. Fig.11, Fig.12, Fig.13은 랜드부 길이에 따라 굽히는 정도의 차이를 보여주며 어느정도 길이 이상이면 거의 굽힘이 일어나지 않음을 알 수 있다.

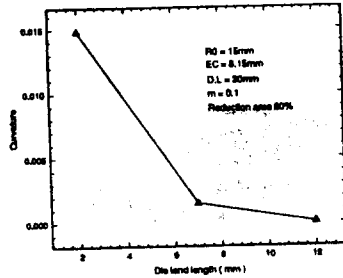


Fig. 10 Relation with die land and curvature

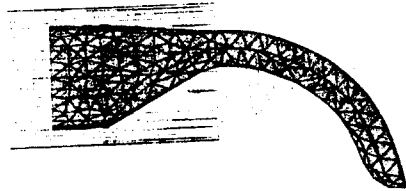


Fig. 11 Result of simulation (L.L.=2mm)



Fig. 12 Result of simulation (L.L.=7mm)

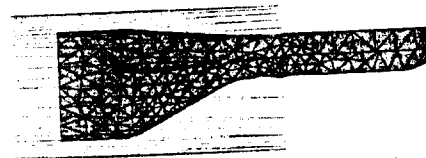


Fig. 13 Result of simulation (L.L.=12mm)

3.3 마찰상수(m)와 곡률과의 관계

Fig. 14는 마찰상수 0.01일때의 그림이고 Fig. 15는 마찰상수 0.4일때의 굽힘정도이다

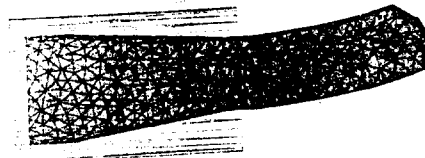


Fig. 14 Result of simulation (m=0.01)

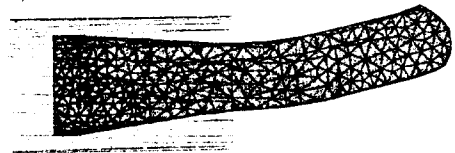


Fig. 15 Result of simulation (m=0.4)

4. 결론

T形단면을 가진 제품의 굽힘이 동적가용속도장을 이용한 상계굽힘해석과 실험 그리고 DEFORMTM-3D에 의한 해석을 통해 확인되었으며 편심의 위치와 크기에 따라 굽힘방향과 굽힘정도가 변함을 확인 할 수 있었다. 그리고 다이랜드부의 길이는 짧게 할수록 마찰상수는 클수록 많이 굽는 것은 확인하였다.

参考文献

- (1) 최재찬, 진인태, "원형제품의 압출가공시 제품의 굽힘현상에 관한 연구", 한국소성가공학회 95추계학술대회 논문집, pp.136-142, 1995, 서울, 한국소성가공학회
- (2) 木内 學, 陳 仁泰, 新谷 賢, 1996, "壓出しT形の曲がり 豫測, 塑性と加工, vol.37, No.426, p.711.
- (3) 진인태, 최재찬, 1997, "사각형 단면의 편심압출시 제품의 굽힘현상에 관한 연구", 한국소성가공학회, 제6권 제1호, p.46.