

곡봉(曲奉)의 편심압출가공에 대하여 상계급힘해석과 DEFORMTM-3D에 의한 급힘해석 비교

*김진훈 *김한봉 **진인태

*부경대학원 기계공학과 **부경대학교 기계공학과

Analysis of the Curving Phenomenon of Curved Circular Shaped Product by the Upper Bound Analysis and the DEFORMTM-3D in Eccentric Extrusion

*Jin Hoon Kim *Han Bong 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 eccentric extrusion of circular shaped products. 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 results of the eccentric extrusion by upper bound analysis show that the curvature of product increases with the increase in eccentricity of gravity center of the cross-section of workpiece at dies entrance from that of the cross-section at the dies exit end.

By the DEFORM-3D analysis, the curving of circular shaped product in extrusion is changed by the eccentricity, die land length and the die length. 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. 서론

압출공정중에 발생하는 급힘 현상을 해석하기 위하여 급힘 해석용 동적가속도 장을 개발하여 해석한 바 있으나¹⁾⁻³⁾, 본 연구에서 실험에 의한 검정과 상용소프트웨어인 DEFORMTM-3D에 의해 급힘 현상을 확인한다. 상계해석의 결과로부터 급힘의 주요원인이 다이 출구측 형상의 편심임을 확인할수 있었다. 본 연구는 DEFORMTM-3D소프트웨어와 실제 실험을 통해서 출구측이 편심된 다이를 사용한 원형재의 압출가공에서 급힘이 발생함을 확인하였다. 또한, 랜드부 길이, 다이 길이와 편심량등의 가공조건에 대한 급힘의 정도를 기술한다. 이로써 상계해석 및 DEFORMTM-3D 해석, 그리고 간단한 실험을 통하여 출구단면의 편심이 압출가공중의 급힘원인임을 알 수 있었고 이를 이용해 압출가공과 급힘 가공을 동시에 할 수 있는 편심압출가공법의 기초를 마련하게 되었다.

2. 상계해석결과에 의한 속도장분포 및 실험

2-1. 굽힘속도장의 구성 및 속도분포

Fig.1과 같이 축방향속도 $V_y(r, \phi, y)$ 의 굽힘 속도분포식은 다음 식(1),(2), (3)으로 정의하고 그 굽힘정도는 소성일 최소원리에서 구한다. Fig.2는 편심이 있는 다이면과 출구면의 동적가용속도장을 사용한 3차원 및 2차원속도분포를 나타낸다. 제품의 굽힘은 중심편차량에 의한 축방향속도의 기울기에 의해 발생함을 알수 있다.

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

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

편차속도 $\Delta V_y(r, \phi, y)$ 의 분포는 중심으로부터 거리 $\{r \cdot \cos\phi - R_b(y)\}$ 와 비례상수 $\{\tan\theta(y)\}$ 의 곱으로 식(3)과 같이 표현될 수 있다.

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

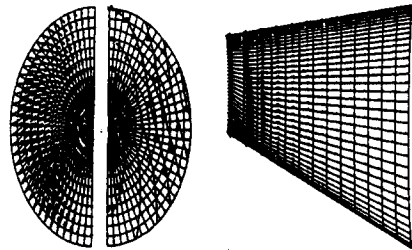
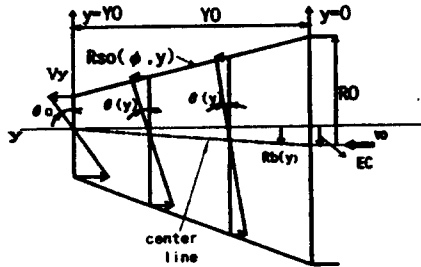


Fig.1 Longitudinal velocity distribution on at each stage

Fig.2 Velocity distribution on die surface and die exit section(EC=9mm)

2-2. 실험에 의한 굽힘현상

실제 Fig.3의 그림처럼 편심이 있는 다이를 사용한 실험을 통해서도 Fig.4와 같이 굽힘이 발생함을 알 수 있다.

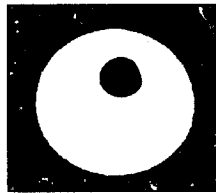


Fig.3 Shape of die exit(EC=7.5)

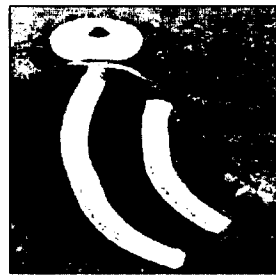


Fig.4 Result of curving by experiment

3. DEFORMTM-3D에 의한 굽힘해석결과

이상과 같은 상계해석과 실험을 통해서 제품의 굽힘을 확인하였으며, 또한 DEFORMTM-3D 시뮬레이션 해석을 통해, 여러 가공변수를 변화시켜서 굽힘정도를 확인하여 본다. Fig.5는 Table.1의 해석조건을 사용한 압출 시뮬레이션 결과를 보여준다.

Table.1 Condition of analysis

inlet speed(V0)	25.4mm/sec
Billet radius(R0)	30mm
Eccentricity(EC)	7.5mm
Die length(D.L)	25mm
Friction Constant(m)	0.3
Land length(L.L)	5mm

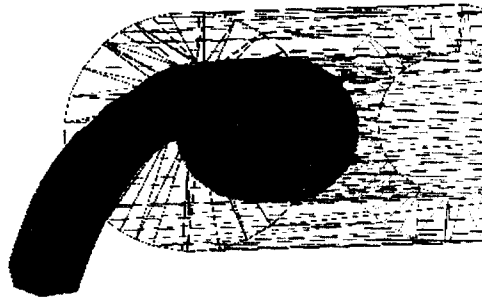


Fig.5 Result of simulation(L.L=5,EC=7.5)

3.1 편심과 굽힘곡률과의 관계

굽힘현상의 주된 원인은 다이형상의 중심편차량을 들 수 있는데, Fig.6은 편차량을 3mm인 경우로 해석했을 경우의 굽힘정도를 보여준다. Fig.7은 편심이 7.5mm인 경우의 굽힘정도를 나타내는 결과이며 편심이 클수록 굽힘곡률이 크게 됨을 볼 수 있다.

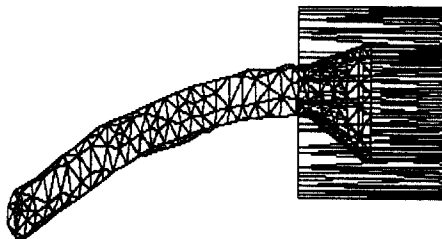


Fig.6 Result of simulation(EC=3)

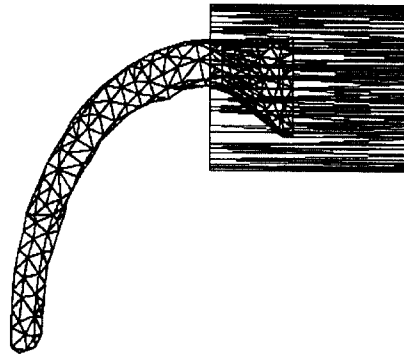


Fig.7 Result of simulation(EC=7.5)

3.2 다이길이와 굽힘곡률과의 관계

Fig.8은 다이길이에 따른 굽힘곡률의 변화를 보여주고 있으며, Fig.9, Fig.10, Fig.11은 다이길이에 따른 굽힘곡률의 차이를 나타내는 그림이다.

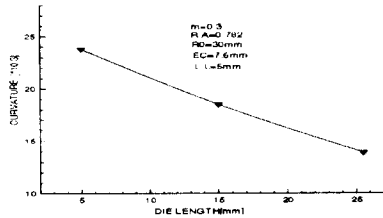


Fig.8 Relation of die length and curvature

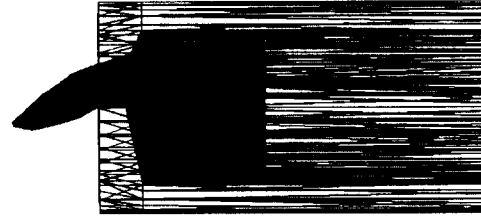


Fig.9 Result of simulation(D.L=5,EC=7.5)



Fig.10 Result of simulation
(D.L=15,EC=7.5)



Fig.11 Result of simulation
(D.L=25,EC=7.5)

3.3 다이 랜드부 길이와 곡률과의 관계

Fig.12는 랜드부의 길이를 5mm로 해석했을 경우에 굽힘곡률이 크게 발생함을 보여주고 있으며, Fig.13은 랜드부의 길이가 일정한 길이 이상, 즉 30mm인 경우에는 굽힘이 발생하지 않음을 알 수 있다.



Fig.12 Result of simulation
(D.L=5,L.L=5)

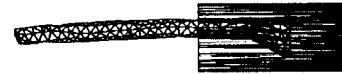


Fig.13 Result of simulation
(D.L=5,L.L=30)

4. 결론

원형재의 편심압출가공에서 상계굽힘해석과 실험 그리고, DEFORMTM-3D에 의한 해석을 통해 제품의 굽힘이 확인되었으며, DEFORMTM-3D 시뮬레이션으로 다이와 랜드부의 길이는 짧게 할수록 그리고, 편차량을 크게 할수록 굽힘곡률이 크진다는 사실을 확인하였으며, 이를 이용해 압출가공과 굽힘가공을 동시에 할 수 있는 편심압출가공법의 기초를 마련하게 되었다.

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 仁豪,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,p46.