

평다이를 사용한 편심압출가공에서의 비유동영역의 형상과 굽힘속도분포에 관한 상계해석

김진훈*, 진인태**

*부경대대학원 기계공학과, **부경대학교 기계공학과

An Upper Bound Analysis of the Shapes of the Dead Metal Zone and the Curving Velocity Distribution in Eccentric Plane Dies Extrusion

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 shapes of dead metal zone and the curving velocity distribution in the eccentric plane dies extrusion. The shape of dead metal zone is defined as the boundary surface with the maximum friction constant between the deformable zone and the rigid zone. The curving phenomenon in the eccentric plane dies is caused by the eccentricity of plane dies. The axial velocity distribution in the plane dies is divided in to the uniform velocity and the deviated velocity. The deviated velocity is linearly changed with the distance from the center of cross-section of the workpiece.

The results show that the curvature of products and the shapes of the dead metal zone are determined by the minimization of the plastic work and that the curvature of the extruded products increases with the eccentricity.

1. 서 론

평다이의 출구단면 형상이 원형이지만 출구 단면의 중심이 유동영역의 입구단면과 편심이 되어져 있는 경우는 비축대칭 압출로 볼 수 있으므로 비축대칭 압출가공해석의 3차원 속도장구성이 필요하다. 유동영역의 입출구 단면의 중심이 다른 평다이의 비유동영역의 형상과 다이내부의 소성유동의 속도분포는 소성일 최소일의 원리에서 결정될 수 있다. 편심이 있는 경사형 다이의 압출 굽힘해석으로는 저자등에 의해 원형 및 사각형 그리고 T형의 단면을 가진 편심압출가공에 대해서 동적가용속도장을 제안하고 상계해법에 의한 굽힘현상에 대해서 해석한 바를 발표한 적이 있다^{1), 2), 3)}.

본 연구는, 편심된 평다이의 압출가공시에 발생하는 다이내부의 소재의 비유동영역을 예측하기 위해 두 개의 단을 가진 굽힘 동적 가용속도장을 구성하여 굽힘의 곡률과 비유동 영역을 변수로 하여 소성일을 최소로 하는 굽힘발생의 속도분포와 비유동영역이 결정되어지도록 한다.

2. 비유동 영역을 고려한 3차원 등적 가용 굽힘 속도장의 구성

2.1 편심압출 굽힘속도장의 구성

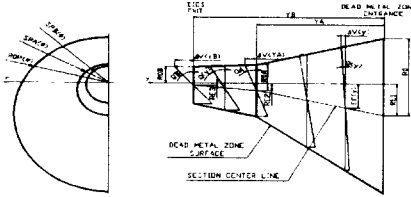


Fig.1 Axial velocity distribution at each stage

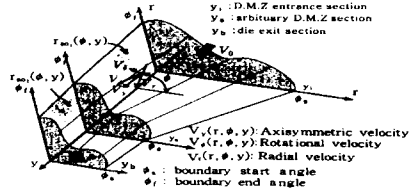


Fig.2 Generalized analytical model of non-axisymmetric extrusion with two stage

다이 출구에서 제품의 굽힘현상은 축방향속도가 균일하지 않고 Fig.1처럼 선형적인 편차 속도분포에 의해 발생한다. Fig.2는 출구면의 형상과 비유동경계면 내부의 소재의 유동속도분포를 구성한다. 축방향속도 $V_y(r, \phi, y)$ 을 식(1)의 평균속도 $\bar{V}_y(y)$ 와 편차속도 $\Delta V_y(r, \phi, y)$ 로 된다.

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

$$\bar{V}_y(y) = V_0 \cdot \frac{\int_{\phi_1}^{\phi_2} r_{so}^2(\phi, y) \cdot d\phi}{\int_{\phi_1}^{\phi_2} r_{so}^2(\phi, y) \cdot d\phi} \quad (2)$$

체적흐름일정의 조건식에서 평균속도 $\bar{V}_y(y)$ 는 식(2)로 정식화될 수 있다. 편차속도 $\Delta V_y(r, \phi, y)$ 의 분포는 중심으로부터 거리 $D(r, \phi, y)$ 와 비례상수 $Q(y)$ 의 곱에 의해 식(3)과 같이 된다.

$$\Delta V_y(r, \phi, y) = D(r, \phi, y) \cdot Q(y) = (r \cdot \cos\phi - EC(y)) \cdot Q(y) \quad (3)$$

상기의 굽힘속도장을 얻기 위하여 3차원동적가용속도장에서부터 $V_\phi(r, \phi, y)$ 와 $V_r(r, \phi, y)$ 을 식(4), 식(5)와 같이 구성하는 것이 가능하다.

$$V_\phi(r, \phi, y) = r \cdot \omega(\phi, y) = -\frac{r}{\int_0^{r_{so}(\phi, y)} r \cdot dr} \times \left[\int_0^{r_{so}(\phi, y)} \int_0^{r_{so}(\phi, y)} r \cdot \frac{\partial V_y(r, \phi, y)}{\partial y} \cdot dr \right. \\ \left. + r_{so}(\phi, y) \cdot V_y(r_{so}(\phi, y), \phi, y) \cdot \frac{\partial r_{so}(\phi, y)}{\partial y} \right] \cdot d\phi \quad (4)$$

$$V_r(r, \phi, y) = -\frac{1}{r} \cdot \int_0^r \left\{ r \cdot \frac{\partial V_y(r, \phi, y)}{\partial y} + \frac{\partial V_\phi(r, \phi, y)}{\partial \phi} \right\} \cdot dr \quad (5)$$

2.2 비유동영역의 형상

직선형 비유동 영역의 경계면 방정식은 식 (6), (7)과 같다. 여기서, $SPA(\phi)$ 는 중간 단계의 비유동영역의 임의형상변수 이다.

$$a) 0 < y < Y_A: r_{so}(\phi, y) = \frac{SPA(\phi) - R_0(\phi)}{Y_A} y + R_0(\phi) \quad (6)$$

$$b) Y_A < y < Y_B: r_{so}(\phi, y) = \left\{ \frac{SPB(\phi) - SPA(\phi)}{Y_B - Y_A} \right\} \cdot (y - Y_A) + SPA(\phi) \quad (7)$$

2.3 유동영역내의 편차속도구배

편차속도의 구배 $Q(y)$ 는 y 의 일차함수 식(8)와 같이 표현된다. 또한, 유동영역 중심의 이동 궤적 $EC(y)$ 는 비유동 영역의 형상과 같이 선형적으로 변화하기 때문에 식(9)과 같다.

$$a) 0 < y < Y_A: Q(y) = \left(\frac{QA}{YA} \right) \cdot y - (8-1) \quad b) Y_A < y < Y_B: Q(y) = \left(\frac{QB - QA}{Y_B - Y_A} \right) \cdot (y - Y_A) + QA \quad (8-2)$$

$$a) 0 < y < Y_A: EC(y) = \left(\frac{RE2 - RE1}{YA} \right) \cdot y + RE1 \quad (9-1)$$

$$b) Y_A < y < Y_B: EC(y) = \left(\frac{RE3 - RE2}{Y_B - Y_A} \right) \cdot (y - Y_A) + RE2 \quad (9-2)$$

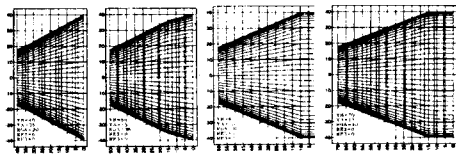
3. 해석결과 및 고찰

3.1 비유동영역의 형상해석결과

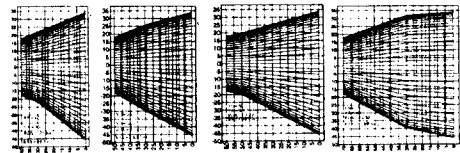
비유동영역의 경계면형상을 3차원으로 도시하면 Fig. 3과 같고, 2차원으로 도시하면 Fig. 4, 5, 6, 7과 같다.



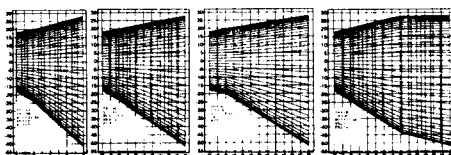
Fig. 3 The boundary surface of Dead Metal Zone



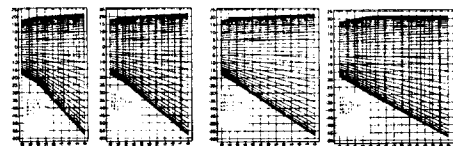
a) YB=40mm b) YB=50mm c) YB=60mm d) YB=70mm
Fig. 4 Dead Metal Zone of plane dies
(RE1=0mm)



a) YB=40mm b) YB=50mm c) YB=60mm d) YB=70mm
Fig. 5 Dead Metal Zone of plane dies
(RE1=6mm)



a) YB=40mm b) YB=50mm c) YB=60mm d) YB=70mm
Fig. 6 Dead Metal Zone of plane dies
(RE1=12mm)



a) YB=40mm b) YB=50mm c) YB=60mm d) YB=70mm
Fig. 7 Dead Metal Zone of plane dies
(RE1=18mm)

3.2 유동영역내의 급힘속도분포해석결과

Fig. 8은 중심편차량이 18mm일 때, 비유동영역의 길이(YB)가 40, 50, 60, 70mm 일때의 속도 벡터이며, Fig. 9는 중심편차량이 12mm, 비유동영역의 길이 70mm에서 축방향속도분포를 등고선분포로 나타낸 것으로 급힘속도장이 형성되었음을 보여주고 있다.

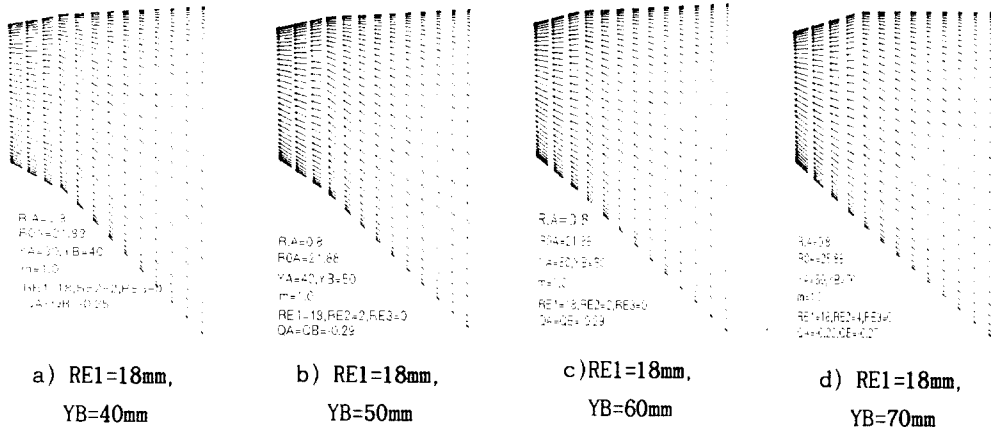


Fig. 8 Vector plot of the velocity on D.M.Z boundary surface (RE1=18mm)

4. 결 론

평다이를 통과하는 이형재의 압출시에 비유동영역과 급힘을 예측하기 위하여 2단으로 된 동적가용속도장을 구성하였다. 편차속도의 구배와 양 그리고, 비유동경계면형상을 변수로 하여 소성일을 최소화 하는 비유동영역의 경계형상과 편차속도 구배를 구하여 비유동영역과 급힘현상을 예측가능하도록 하였다. 또한 이 비유동영역의 경계면 형상을 도식적으로 구할수 있으며, 비유동영역 경계면상에서의 속도분포를 가시화할 수 있었다. 그리고, 평다이를 사용한 원형단면의 편심압출에서 편심이 급힘발생의 주요 변수임을 확인하였다.

참고문헌

- 1) 木内 學, 陳仁泰, 1996, "押出しT形の曲がり豫測", 塑性加工, Vol. 37, No. 426, p. 711.
- 2) 최재찬, 진인태, "원형제품의 압출가공시 제품의 급힘현상에 관한연구", 한국소성가공학회 95 추계학술대회 논문집, pp. 136-142, 1995, 서울, 한국소성가공학회
- 3) 진인태, 최재찬, 1997, "사각형 단면의 편심압출시 제품의 급힘현상에 관한 연구", 한국소성가공학회지, Vol. 6, No. 1, pp. 46~52.

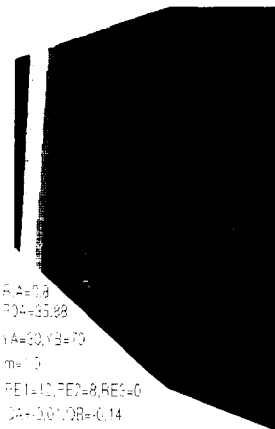


Fig.9 Contour plot of the axial velocity (RE1=12mm, YB=70mm)