

異形材の押し出し・引抜きに関する研究

Study on Non-Symmetric Extrusion and Drawing

木内 学*・岸 秀敏*
Manabu KIUCHI and Hidetoshi KISHI

1. はじめに

異形材の押し出し・引抜き加工の解析はいくつか試みられているが、いずれも特定の形状を対象とする個別的なものである。¹⁻³⁾ 筆者らは上界法を用いて異形材の押し出し・引抜き加工の解析に必要な一般的動的相容速度場を提案し、その妥当性を検討するために、いくつかの具体例について数値計算を行ったので、その結果について報告する。

2. 三次元的動的相容速度場の一般形

三次元的動的相容速度場の一般形を求めるにあたり、押し出し方向の速度成分は軸に垂直な断面内で一様であると仮定した。以下途中の計算は省略して結果のみを示す。

(1) 直角座標を用いた速度場の一般解 (使用記号は図1を参照)

仮定より押し出し方向の速度成分 $v_y(y)$ は、

$$v_y(y) = \frac{v_0 \int_0^{x_f(y)} z_s(x, 0) dx}{\int_0^{x_f(y)} z_s(x, y) dx} \quad (1)$$

材料がダイス面に沿って流れる条件より $v_x(x, y)$ は、

$$v_x(x, y) = \frac{-1}{z_s(x, y)} \int_0^x \frac{\partial}{\partial y} (v_y(y) \cdot z_s(x, y)) dx \quad (2)$$

体積一定の条件より $v_z(x, y, z)$ は、

$$v_z(x, y, z) = -z \left(\frac{\partial v_x(x, y)}{\partial x} + \frac{\partial v_y(y)}{\partial y} \right) \quad (3)$$

(2) 円柱座標を用いた速度場の一般解 (使用記号は図2を参照)

前節と同様な仮定より $v_y(y)$ は、

$$v_y(y) = \frac{v_0 \int_0^{\varphi_f(y)} r_s^2(\varphi, 0) d\varphi}{\int_0^{\varphi_f(y)} r_s^2(\varphi, y) d\varphi} \quad (4)$$

材料がダイス面に沿って流れる条件より $v_\varphi(r, \varphi, y)$ は、

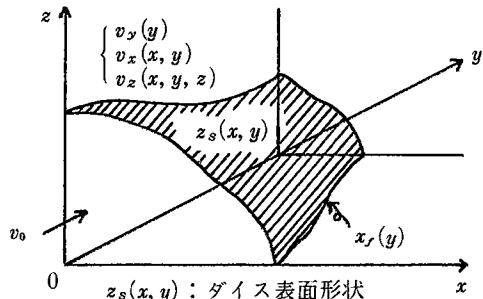


図1 ダイス面の直角座標表示

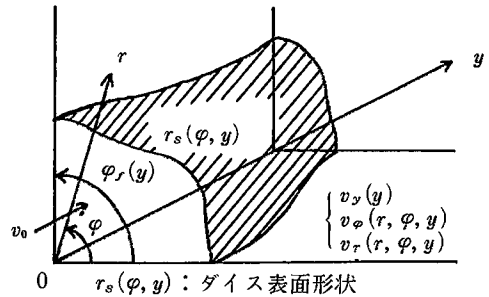


図2 ダイス面の円柱座標表示

$$v_r(r, \varphi, y) = \frac{-r}{r_s^2(\varphi, y)} \int_0^\varphi \frac{\partial}{\partial y} (v_y(y) \cdot r_s^2(\varphi, y)) d\varphi \quad (5)$$

$v_\varphi(r, \varphi, y) = r \cdot \omega_\varphi(\varphi, y)$ と仮定すると、体積一定の条件より $v_r(r, \varphi, y)$ は、

$$v_r(r, \varphi, y) = -\frac{r}{2} \left(\frac{\partial v_y(y)}{\partial y} + \frac{\partial \omega_\varphi(\varphi, y)}{\partial \varphi} \right) \quad (6)$$

ダイス形状がラセン状である場合、円柱座標でねじれ角の変化を $\phi(y)$ で表すと、回転方向の角速度場 $\omega^*(\varphi, y)$ は次のようになる。

$$\omega^*(\varphi, y) = \omega(\varphi, y) + v_y(y) \cdot \frac{d\phi(y)}{dy} \quad (7)$$

(3) ダイス内部の速度場の不連続性

ダイス表面形状に角部など微分係数が不連続となる部分があると、ダイス内の材料の流れに関する速度場の不

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

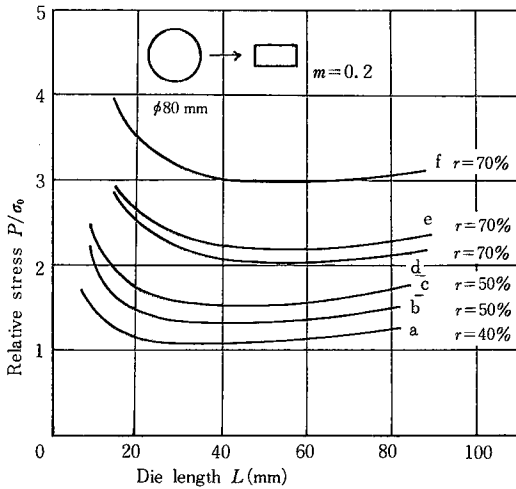


図9 ダイス長さと無次元化押し加圧力の関係

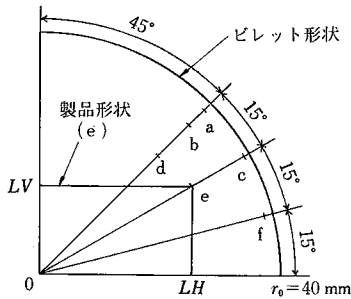


図10 入口形状と出口形状

形のたて横比である。

(1) Avitzur らの結果との比較

図7は、図8に示すような円柱ビレットから円柱(a),あるいは正四角柱(b),(c)を押し出す場合の解析結果を示す。(a)の場合、筆者らの計算結果は Avitzur らの結果と完全に一致するが、出口形状が正方形の場合、Avitzur らの結果(c)より筆者らの計算結果(b)のほうが押し加圧力が低くなることが判明した。

(2) 入口形状：円、出口形状：矩形の場合

図9は、半径 r_0 の円柱ビレットから $LV \times LH$ の矩形材を押し出す場合の解析結果を示す。点 a~f は出口側の矩形形状と大きさを表す(図10参照)。グラフより円柱ビレットから矩形材を押し出す際には、減面率が小さいほど、また、縦横比が1に近いほど、押し加圧力が小さくなることわかる。これは、縦横比が1より遠ざかるにつれて、この速度場における内部剪断仕事率が大きくなるためである。

(3) 入口形状：矩形、出口形状：矩形の場合

図11は $LVO \times LHO$ の矩形ビレットから $LV \times LH$ の矩形材を押し出す場合の解析結果を示す。点 a~f は、

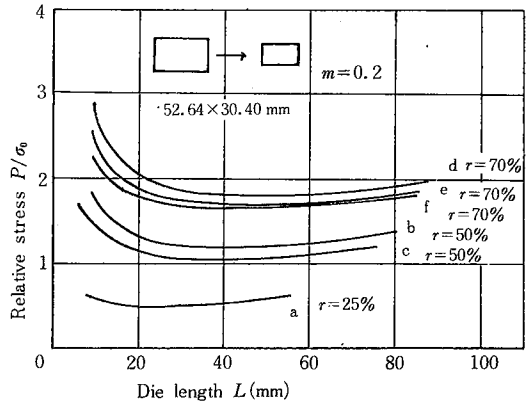


図11 ダイス長さと無次元化押し加圧力の関係

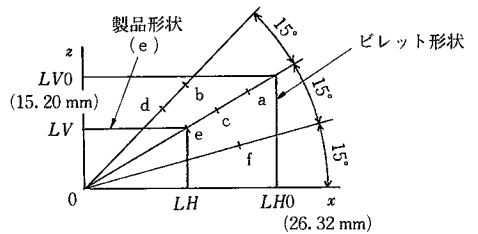


図12 入口形状と出口形状

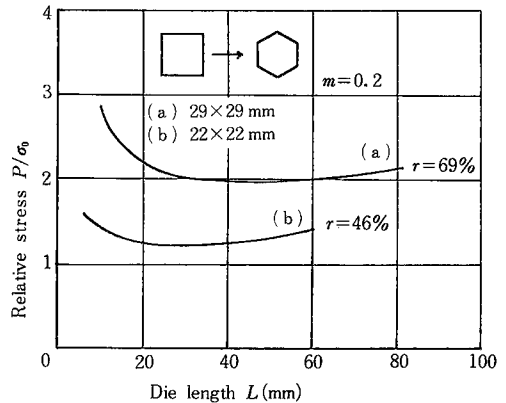


図13 ダイス長さと無次元化押し加圧力の関係

出口側の矩形の形状と大きさを表す(図12参照)。図より、減面率が同じ場合には、縦横比が異なっても、よく似た曲線が得られる。かつ、縦横比が入口形状の値からずれるにつれて、押し加圧力が少しずつ増していることがわかる。

(4) 入口形状：正方形、出口形状：正六角形の場合

矩形ビレットから正六角柱を押し出す場合について、図13は減面率 r を、図14はまさつ定数 m を変化させて解析した結果である。 r が大きくなるにつれて、押し出し加圧力、最適ダイス長さ共に大きくなっている。また m が大きくなるにつれて、最適ダイス長さは短くなる。

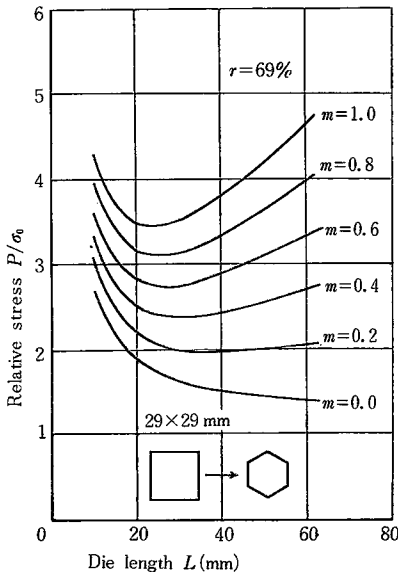


図14 まさつ定数を変化させた場合のダイス長さと無次元化押し加圧力の関係

(5) 入口形状：円，出口形状：花形の場合

$$\left. \begin{aligned} \text{出口形状 } r_s &= R \cdot \cos 2\varphi \quad (0 \leq \varphi \leq 30^\circ) \\ r_s &= R/2 \quad (30^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

図15より，減面率 r が大きくなると押し加圧力，最適ダイス長さ共に大きくなることわかる。図16より，まさつ定数 m が大きくなるにつれて，最適ダイス長さが短くなることわかる。

5. ま と め

上述の三次元速度場により異形材の押し・引抜きの際に要するエネルギーあるいは加工力・最適ダイス長さを，上界法を用いて一般的に解析することが可能になった。

(1980年8月25日受理)

参 考 文 献

- 1) B. Avitzur et al. Proc. of The 20th MTDR Conf. (1979-9) 149
- 2) DONG-YOL YANG and CHOONG-HONG LEE Int. J. Mech. Sci. Vol. 20, PP 541-552

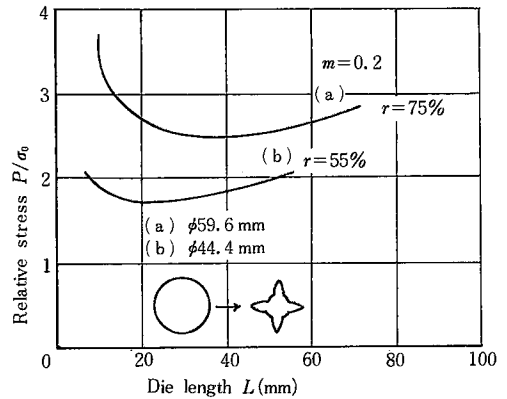


図15 ダイス長さと無次元化押し加圧力の関係

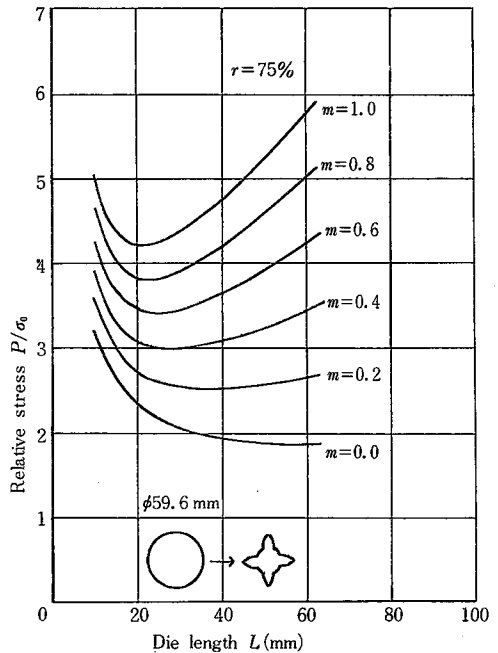


図16 まさつ定数を変化させた場合のダイス長さと無次元化押し加圧力の関係

- 3) DONG-YOL YANG and CHOONG-HONG LEE Int. J. Mech. Sci. Vol. 20, pp. 695-705