平押し法によるかえりなしせん断製品の寸法精度に関する研究

Dimensional Accuracy on Burr Free Products by Push-Back Blanking

○正 青木 勇 (神奈川大) 正 笹田昌弘 (神奈川大)
内藤 侑貴 (神奈川大院) 松井亨 (㈱東京システムズ)

Isamu AOKI, Sasada MASAHIRO, Yuuki NAITO and Kanagawa University, 3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama 221-8686, Japan
Toru MATSUI Tokyo Systems Co.Ltd., 1-20-8 Ebisu, Shibuya-ku, Tokyo 150-0013, Japan

Key Words: burr-free blanking, push-back blanking dimensional accuracy

1. 研究の背景と目的

せん断加工で発生するかえりは様々な問題をもたらすため、幾つかのかえりなしせん断法が提案されている。牧野育雄氏提案の平押し法¹⁾はかえりなしの実現が容易な優れた工法である。近年の機器の高度化に伴い、せん断製品にも高精度化が求められており、平押し製品もこの例にもれない。平押し法の成功条件等に関する報告²⁾はあるが、材料変形が複雑なため寸法精度については詳細に検討されていない。本報では平押し法の寸法精度についての実験と解析結果を報告する。

2. 平押し法の加工原理

平押し法は、負クリアランスで半せん断する第1工程と、これを平板で押し戻し分離させる第2工程からなり、材料の板両面にだれが形成され、かえりは生じない。第2工程は仮想せん断として解釈できる。図1(a)は半せん断材料の断面図である。第1工程後の残留板厚を t とし、パンチ、ダイスに食い込んだ材料部分をそれぞれ仮想ダイス、仮想パンチとすれば、第2工程は、同図(b)のように仮想工具による残留板厚 t のせん断と考えられる。第2工程を慣用せん断と類似させるためには第1工程クリアランスは負でなければならない。

平押し製品は図2のように製品とかすの最大寸法が第1工程パンチ径(=仮想ダイス径)に、製品とかす最小寸法が第1工程ダイス径(=仮想パンチ径)に等しいはずであるが、実際は僅かに異なる。本報では、この誤差発生原因を検討する。

3. 研究方法

寸法誤差の発生原因を検討するため、第2工程に着目し、実験と有限要素解析により、寸法精度に及ぼす半せん断製品のだれとわん曲等の影響を以下のように調べることにした。

3.1 切削モデル試験片による実験

現象を単純化するため第1工程の半抜き製品を切削で作成した。試験片はアルミニウム押出し丸棒(JIS A1050BEH112, $\phi 35\text{mm}$)を切削加工したものを用いた。試験片形状を図3に示す。それぞれ、(a)だれ・わん曲なし試験片、(b)だれあり試験片、(c)わん曲あり試験片、(d)だれ・わん曲あり試験片と呼ぶ。これらの試験片の食込み量(s)2.1mm(板厚比70%)、クリアランス(cl)0.26mm(板厚比-8.7%)は一定とした。図3中のだれ、わん曲寸法は実験値を元に決定した。なお、製作の都合上、パンチ・ダイス切刃に接する箇所には $30\mu\text{m}$ の丸みを設けた。実験には平押し用ダイセットを使用し、加工力はロードセルで、工具変位はポテンショ変位計にて測定した。

図1 仮想せん断の模式図

加工速度は0.1mm/s(無負荷時)で一定とした。試験片直径 D_0 は30mm、第1工程パンチ径 D_p は15mm、板厚 T は3mmで一定とし、第1工程ダイス径 D_d 寸法と、食い込み量 s 寸法を変化させた。平押し用ダイセットで試験片を押し戻し、戻し中、及び分離後の製品とかす寸法(最大・最小)を計測する。

3.2 解析方法と条件

有限要素解析ソフト Marc2008r1 を用いて第2工程における材料の変形と流動の解析を行う。解析モデルは軸対称として扱い、形状及び寸法は、実験に合わせた。要素には四角形四節点要素を用い、材料特性は引張試験より求めた応力-ひずみ曲線を用いた。被加工材の塑性領域の特性を次式に示す。

$$\bar{\sigma} = 61.2 + 113.37 \bar{\epsilon}_p^{0.39} \quad (1)$$

また、弾性領域での材料特性は縦弾性係数69GPa、ポアソン比0.33とした。

図2 平押し製品、およびかす寸法と工具寸法の関係

図3 切削モデル試験片(図中単位はmm)

4. 結果及び考察

4.1 誤差の発生機構

予備研究より平押し法の寸法誤差は製品側最小寸法、かす側最大寸法が大きくなることがわかっている。図4～6は実験、解析結果を試験片別に、誤差 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ を表したものである。なお、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ は次式のとおりである。

$$\begin{aligned}\Delta 1 &= D_{\text{bmin}} - D_d \quad (\text{製品側最小寸法-ダイス径}) \quad (2) \\ \Delta 2 &= D_{\text{smax}} - D_p \quad (\text{かす側最大寸法-パンチ径}) \quad (3)\end{aligned}$$

- また、図7には試験片断面の変形状態を示す。これらより、
- (1) だれ・わん曲なし試験片：図4のとおり誤差は小さく、図7(a)の断面からも理想的な仮想せん断と考えられる。
 - (2) だれあり試験片：図5のようにかす側最大寸法の誤差が大きい。これは、だれによりクリアランス近傍の曲げモーメントが大きくなり、図7(b)のように試験片かす側が跳ね上がり、かす側最大寸法誤差を大きくしたためである。
 - (3) わん曲あり試験片：図6よりわん曲が製品側最小寸法に影響する。わん曲を押し戻す際に、図7(c)のように製品側面が内向きに変形したためである。
 - (4) だれ・わん曲あり試験片：(2)、(3)が重畳した傾向となる。

以上のように、平押し法製品の寸法誤差はかす側最大寸法と製品側最小寸法に大きく生じ、それぞれ第1工程で発生するだれ、わん曲の影響であることがわかった。

4.2 切削モデル試験片とせん断試験片の比較

本来の第1工程はせん断である。切削モデル試験片との比較を図8に示す。せん断試験片には傾斜面が生じこれが分離後の製品とかすの寸法精度、形状精度に影響している。傾斜面は負クリアランスせん断であり、逆押さえの適用もあり、ダイス上材料が半径方向に大きく流動したためと考えられる。

5. まとめ

切削モデル試験片の実験・解析より得られた結果をまとめると、(1)だれ・わん曲なし試験片の場合、寸法誤差はほとんどなく、第2工程も理想的変形となる。(2)かす側最大寸法の誤差は、第1工程で形成されるだれの影響によるものであり、理想的な寸法より大きくなる。(3)製品側最小寸法の誤差は、第1工程で形成されるわん曲の影響によるものであり、理想的な寸法より小さくなる。

また、せん断試験片の場合、第1工程で生じる形状不良が製品形状に影響する。

図4 だれ・わん曲なし試験片の寸法誤差

図5 だれあり試験片の寸法誤差

謝辞 本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金（研究番号22560121）の支援によるものであり、記して深甚の謝意を表す。

参考文献

- (1) 牧野育雄：プレス技術，25-13(1987)，pp.73-78.
- (2) 青木勇・前田禎三：かえりなしせん断加工機構に関する実験的検討，日本塑性加工学会誌，32-364(1991-5)，pp.621-626.

図6 わん曲あり試験片の寸法誤差

図7 第2工程における材料変形
(a)だれ・わん曲なし，(b)だれあり，(c)わん曲あり

(1)第一工程はせん断（逆押さえ有り）

(2)第一工程は切削（だれ状傾斜あり，角丸み有り）

図8 せん断試験片と切削モデル試験片の平押し時の変形比較（x：残留板厚に対する押し戻し量(%)）