

内法兰环件辗扩成形尺寸控制方法^①

黄尚宇 朱春东 常志华 张韶华 沈成一 张 猛

(武汉汽车工业大学汽车工程学院, 武汉 430070)

摘 要 尺寸控制是辗扩工艺应用于生产实际所必须解决的一个关键问题。对内法兰环件辗扩过程中的尺寸变化规律进行了研究, 指出了现有辗扩设备中尺寸控制方法的不完善之处, 建立了内法兰环件精辗位置在线预测的计算公式, 给出了径向辗扩成形工件尺寸的控制方法。

关键词 内法兰环件 辗扩 在线预测 尺寸控制

中图法分类号 TB125

辗扩是制造无缝环件的最好方法之一。自 19 世纪 Thyssen 机器制造公司制造出第一台辗扩机以来, 辗扩工艺由于节能、节材、产品质量好等一系列优点, 在机械、化工等行业得到了广泛的应用。用辗扩取代传统的模锻工艺制造内法兰环件, 张猛等人作了成功的尝试, 并取得了一些实用的研究成果^[1-6], 其中尺寸控制是该工艺方法应用于生产的关键。

在已有的研究报导中, 涉及辗扩过程中工件尺寸变化规律的报道较少。迄今控制辗扩工件尺寸的方法有两种^[7-9]: 一是通过控制径向壁厚尺寸(通常为精整挡块)达到控制最终外径尺寸和圆度的目的。该方法要求下料重量准确且必须严格控制预制坯工序, 现这种方法在生产中已较少应用。二是按给定的速度进给规范^[3]变速进给, 在辗压成形后期, 使进给速度降低, 信号辊在工件尺寸缓慢变化的状态下测出瞬时外径值, 以决定是否停止辗压。该方法在人工控制时实践操作有一定的困难, 用计算机控制时则以提高设备复杂程度为代价, 而且工件不同, 进给规范各异, 当产品换型时用户需通过实验重新摸索进给规范。本文在研究辗扩过程中工件尺寸变化规律的基础上, 提出恒速进给时, 根据预制坯的体积在线预测精辗位置, 从而确定停止辗压进给的位置。该方法经

调试合格, 用在自制的 WGEZd500 齿轮毛坯辗扩机上, 取得了满意的环件径向尺寸控制效果。

1 辗扩过程中工件尺寸变化规律的数学描述

内法兰异形截面环件常采用封闭型腔辗压成形。辗压过程中内法兰部分的切向变形, 是由参与辗压变形的环部分带大, 仅是在型腔将要完全封闭时内法兰部分才有径向辗压变形, 因此精辗前的辗压过程与矩形截面环件的径向辗压相似, 工件内、外轮廓质点的运动轨迹均为阿基米德螺线^[6]:

$$\begin{cases} \rho_1 = R - \Delta h_1 \theta \\ \rho_2 = r - \Delta h_2 \theta = R - b - \Delta h_2 \theta \end{cases} \quad (1)$$

式中 r , R 分别为工件沿辗压轮和芯辊轴线连线方向内、外半径的瞬时值, Δh_2 , Δh_1 分别为工件转动单位角度时内、外轮廓的压下量, $b = R - r$ 为瞬时量小壁厚, 任一瞬时工件沿轴线方向的投影面积(端面积)为(不考虑内法兰部分):

$$s = \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} (\rho_1^2 - \rho_2^2) d\theta \quad (2)$$

① 收稿日期: 1996-12-30; 修回日期: 1997-03-03 黄尚宇, 男, 33 岁, 副教授, 工学硕士

由于辗压轮直径远大于芯辊直径(一般为5~10倍), 所以 $\Delta h_2 \gg \Delta h_1$, 外轮廓质点的运动轨迹近似为圆, 如图1所示。

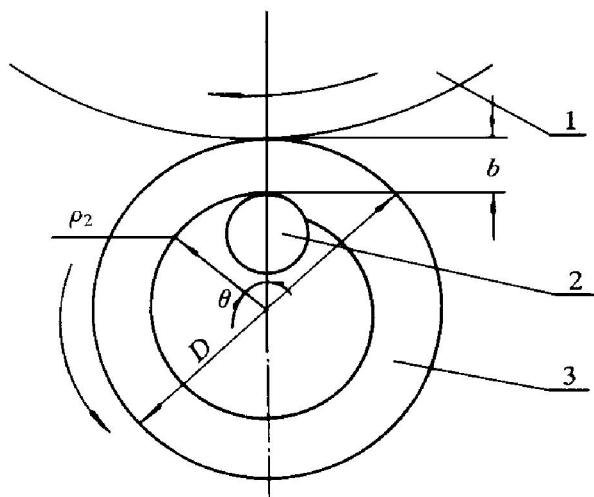


图1 辗压过程中工件轮廓近似形状

Fig. 1 Approximate profile of blank during ring rolling process

1—Main roll; 2—Mandrel; 3—Blank

设辗压轮型槽底部的线速度为 v , 径向进

给速度为 $v_0 = -v_b = -\frac{db}{dt}$, 则:

$$\begin{aligned} \Delta h_2 &\approx \Delta h_1 + \Delta h_2 \\ &= \frac{v_0 \cdot \frac{\pi D}{2\pi}}{2\pi} = \frac{v_0 D}{2v} \end{aligned} \quad (3)$$

式中 $D = 2R$, 为工件沿辗压轮和芯辊轴心连线方向外径的瞬时值, 将式(1), (3)代入式(2)并化简得:

$$\begin{aligned} &(\frac{1}{2}c - \frac{1}{3}c^2)D^2 + b(1-c)D - \\ &b^2 - \frac{s}{\pi} = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

式中 $c = \frac{\pi v_0}{v}$ 。

不考虑毛刺及其它畸变影响, 由体积不变条件知工件在稳定辗压过程(型槽充满后)中其端面积 s 为定值, 因此, 在某一壁厚 b_0 处测得的工件瞬时外径值即可反映出各预制坯的重量。由式(4)可得:

$$D = [b(c-1) + \sqrt{b^2(1-\frac{1}{3}c^2) + 2c(1-\frac{2}{3}c)\frac{s}{\pi}}]/$$

$$c(1-\frac{2}{3}c) \quad (5)$$

$$dD = \frac{2b - (1-c)D}{c(1-\frac{2}{3}c)D + b(1-c)} db \quad (6)$$

2 实验修正

为验证式(5), 设计了图2所示的在线测试系统。图3是根据在线检测数据绘制的 $D-b$ 关系曲线, 试验用预制坯, 工件形状和尺寸示于图中。

由图3可知, 稳定辗压阶段, 实测曲线与理论曲线(实线)形状相似, 只是在 D 方向平移了一个坐标值, 这是由于未考虑内法兰部分的

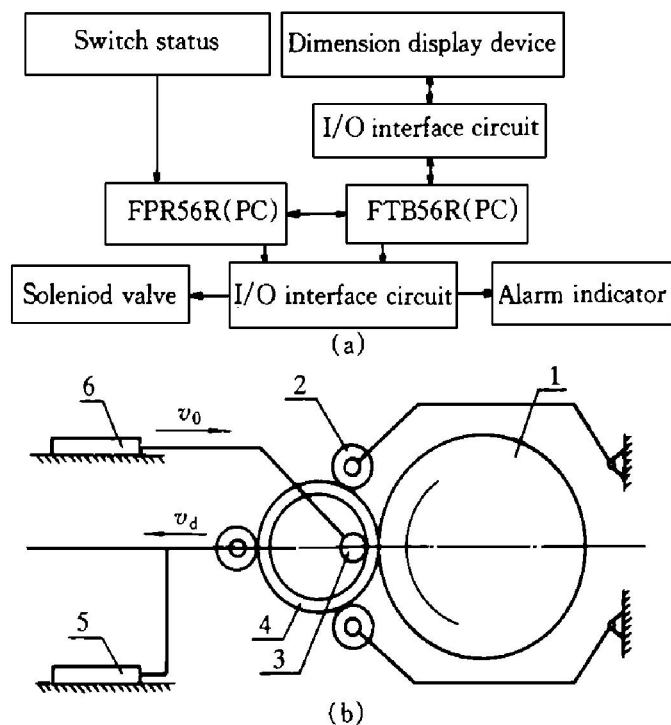


图2 内法兰环件辗扩尺寸在线检测

Fig. 2 On-line dimension test of rings with stepped holes in rolling process

(a)—Diagram of measure and control system;

(b)—Principle of dimension test

1—Main roll; 2—Centring roll; 3—Mandrel;

4—Workpiece; 5, 6—Dimension sensor;

v_0 —Radial feed velocity;

v_d —Incremental velocity of diameter

的体积;型槽未充满时,理论曲线如图中虚线所示,此时 s 不为定值,故式(5)无意义。实际使用时, b 只沿实线所示理论曲线取值。将式(5)加一个修正量即可用于对内法兰环件辗扩成形的尺寸控制,即:

$$D_T = D + \Delta \quad (7)$$

$$dD_T = dD = \frac{1}{c(1 - \frac{2}{3}c)} \left[(c-1) + \frac{1 - \frac{1}{3}c^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{3}c^2 + 2c(1 - \frac{2}{3}c) \frac{s}{\pi b^2}}} \right] db \quad (8)$$

$$\begin{aligned} v_{D_T} = \frac{dD_T}{dt} &= \frac{dD}{dt} = \frac{v_0}{c(1 - \frac{2}{3}c)} \left[1 - c - \frac{1 - \frac{1}{3}c^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{3}c^2 + 2c(1 - \frac{2}{3}c) \frac{s}{\pi b^2}}} \right] \\ &= \frac{v}{\pi(1 - \frac{2}{3}c)} \left[1 - c - \frac{1 - \frac{1}{3}c^2}{\sqrt{1 - \frac{1}{3}c^2 + 2c(1 - \frac{2}{3}c) \frac{s}{\pi b^2}}} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

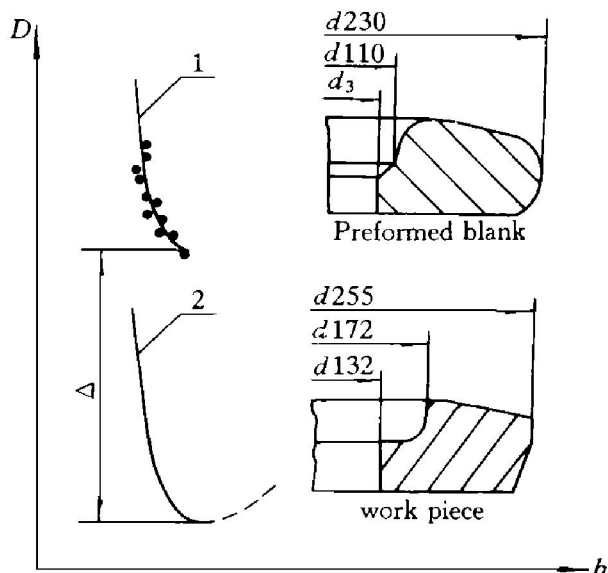


图3 $D-b$ 曲线

Fig. 3 Curves of diameter variation with radial thickness for workpiece in rolling process

1—Measurement value; 2—Calculated value

由于 $c \ll 1$, 由式(8)或图3可知,壁厚 b 愈小,相同的壁厚减薄量 db 引起的外径增量越大;由式(9)知 $v_{D_T} \gg v_0 = -v_b$,亦即外径增长速度比壁厚减薄速度要快得多。当以壁厚尺寸来控制外径尺寸时,系统响应的微小滞后

式中 D_T —真实外径, Δ —修正量。

3 辗扩尺寸的控制方法

3.1 控制判据的选择

将式(5)代入(6)并结合(7)得:

(包括机械、电器和液压)将导致外径尺寸的严重超差,因此以壁厚作为尺寸控制的判据不合理,在实际生产中也行不通。要控制住外径和壁厚尺寸,必须以外径作为控制判据。

3.2 精辗位置的在线预测

设 b_0 为工件进入稳定辗压后的某一壁厚值, D_0 为该时刻在线检测到的外径值,由式(4)和式(7)知,对应工件的端面积(或体积)可表示为

$$\frac{s_0}{\pi} = \left(\frac{1}{2}c - \frac{1}{3}c^2 \right) (D_0 - \Delta)^2 + b_0(1-c)(D_0 - \Delta) - b_0^2 \quad (10)$$

设在瞬时最小壁厚为 b_J 时开始精辗可使外径尺寸正好为名义尺寸 D_w ,则由体积不变条件有

$$\frac{\pi}{4} D_w^2 - \frac{\pi}{4} (D_w - 2b_J)^2 = s_0 \quad (11)$$

由上式解方程得

$$b_J = \frac{D_w}{2} - \sqrt{\frac{D_w^2}{4} - \frac{s_0}{\pi}} \quad (12)$$

将式(5)中的 b 用 b_J 代替并注意到式(7)得:

$$D_J = \Delta + \left[b_J(c-1) + \sqrt{b_J^2(1 - \frac{1}{3}c^2) + 2c(1 - \frac{2}{3}c) \frac{s_0}{\pi}} \right] /$$

$$c(1 - \frac{2}{3}c) \quad (13)$$

此即为精辗开始时的外径判据。

4 结论

(1) 辗扩过程中工件外径的增大速度远大于径向壁厚的减薄速度, 因此为保证环件的尺寸公差要求, 应以检测外径尺寸为佳。

(2) 应以外径尺寸作为精辗位置的控制判据, 实际生产中, 可根据预制坯情况按式(13)计算并调整精辗碰块的位置。

(3) 整个辗扩过程在恒速进给的条件下亦能获得尺寸精度高的辗扩件。

(4) 经近5年实际生产(直径400mm左右的内法兰环件)的检验, 外径尺寸可控制在名义尺寸 ± 1 mm的公差带内, 圆度小于2mm。

REFERENCES

- 1 Zhang Meng(张 猛). Automotive Engineering(汽车工程), 1994, 16(2): 111- 115.
- 2 Zhang Meng. In: Wang Z R and He Yuxin eds. Advanced Technology of Plasticity: Vol III Beijing: In-

- ternational Academic Publishers. 1993. 1397- 1404.
- 3 Zhang Meng(张 猛). In: Wang Z R(王仲仁), Wang Yanshan(王焱山), He Deyu(何德誉) eds. Proceedings of the Fifth Annual Conference of Forging and Stamping Institution of CMES(中国机械工程学会锻压学会第五届学术年会论文集): Beijing: 1991. 322- 325.
- 4 Zhang Meng(张 猛) and Hua Lin(华 林). In: Wang Z R(王仲仁) ed. Rotary Forming- Proceedings of Int Conf. Beijing: International Academic Publishers, 1989. 243- 248.
- 5 Shen Chengyi(沈成一) and Zhang Meng(张 猛). Metal Forming Technology(金属成形工艺), 1993, 11(1): 17- 22.
- 6 Zhang Meng(张 猛) and Hu Yamin(胡亚民). Rotary Forming Processes and Moulds(回转塑性成形工艺及模具). Wuhan: Wuhan Polytechnical University Press, 1994: 7- 15.
- 7 Hans-Jurgen Marczinski, J. Banning A G. In Kobayashi M ed. Rotary Metalworking Processes. Bedford: IFS(Publications)Ltd, 1984, 251- 265.
- 8 Ding Longfei(丁隆飞). Forging and Stamping Technology(锻压技术), 1986, 11(6): 56- 61.
- 9 Cao Linlin(高林林). Heavy Machinery(重型机械), 1988, (7): 8- 12.

DIMENSION CONTROL METHOD OF RINGS

WITH STEPPED HOLES DURING RING ROLLING PROCESS

Huang Shangyu, Zhu Chundong, Chang Zhihua, Zhang Shaohua, Shen Chengyi and Zhang Meng

School of Automotive Engineering,

Wuhan Automotive Polytechnic University, Wuhan 430070, P. R. China

ABSTRACT Dimension control is a key problem to be solved while applying ring rolling process to practical production. The dimension variation rule of ring with stepped holes during rolling process have been studied and the defect of dimension control method in available ring rolling machine has been indicated. The calculating formula has been established for on-line prediction of the precise rolling position for ring with stepped holes and the dimension control method used in radial rolling has been given out.

Key words ring with stepped holes ring rolling on-line prediction dimension control

(编辑 黄劲松)