

## 渐进冲击液压载荷下 T 型管的成形规律

赵鑫牛<sup>1</sup>, 刘建伟<sup>1,2</sup>, 张文袖<sup>1</sup>, 蒙振鹏<sup>1</sup>

(1. 桂林电子科技大学 机电工程学院, 广西 桂林 541004;  
2. 桂林电子科技大学 机电综合工程训练国家级实验教学示范中心, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 为了进一步提高管坯的成形性能, 改善传统液压胀形依赖高压源的问题, 提出了一种多通管渐进冲击液压胀形方法。以 T2 紫铜 T 型管为研究对象, 应用设计的胀形装置进行了冲击液压胀形实验研究, 通过不同冲击液压载荷下 1 道次冲击液压胀形、2 道次和 3 道次渐进冲击液压胀形结果的对比, 分析了初始内压力、补料量、渐进道次对 T 型管支管高度、壁厚分布、支管顶部圆角半径的影响。研究表明: 该方法可以成形出质量较好的 T 型管; 初始内压力对 T 型管支管的顶部圆角和侧壁贴模性有较大的影响; 各道次的初始内压力分别为 10、30 和 32 MPa 以及补料量分别为 3、3 和 15 mm 的 3 道次渐进冲击液压载荷下, T 型管的成形质量最好。

**关键词:** T 型管; 渐进冲击液压胀形; 初始内压力; 补料量; 支管高度

**DOI:** 10.13330/j.issn.1000-3940.2023.05.018

**中图分类号:** TG394

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-3940 (2023) 05-0130-07

## Forming laws of T-shaped tube under incremental impact hydraulic loads

Zhao Xinniu<sup>1</sup>, Liu Jianwei<sup>1,2</sup>, Zhang Wenxiu<sup>1</sup>, Meng Zhenpeng<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2. National Demonstration Center for Experimental Education of Mechanical and Electrical Engineering Training, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** In order to further improve the formability of tube blank and improve the problem of traditional hydraulic bulging technology relying on high pressure source, a incremental impact hydraulic bulging method for multi-pass tube was proposed. For T2 red copper T-shaped tube, the experimental research on incremental impact hydraulic bulging was carried out by the designed bulging device, and by comparing the results of one-pass impact hydraulic bulging, two-pass and three-pass incremental impact hydraulic bulging under different hydraulic loads, the influences of initial internal pressure, feeding amount and incremental pass on the height, wall thickness distribution and top fillet radius of branch tube for T-shaped tube were analyzed. The research results show that this method can form T-shaped tubes with good quality. The initial internal pressure has a great influence on the top fillet radius and side wall fitting of branch tube for T-shaped tube. The forming quality of T-shaped tube is the best under the three-pass incremental impact hydraulic loads with the initial internal pressure for each pass of 10, 30 and 32 MPa and the feeding amounts of 3, 3 and 15 mm, respectively.

**Key words:** T-shaped tube; incremental impact hydraulic bulging; initial internal pressure; feeding amount; height of branch tube

T 型管被广泛应用于石油化工、汽车及航空航天领域。随着液压胀形技术的完善和轻量化、精益生产等理念的普及, 液压胀形技术已成为 T 型管成形的主

要方法之一。相较于传统拼焊、铸造及机加工等工艺, 液压胀形工艺具有一体化高、强度高、表面质量好等优势, 是一种高精度中空零件成形的重要方法<sup>[1-3]</sup>。

近年来, 针对管材的液压胀形技术, 国内外学者进行了广泛和深入的研究。Liu G 等<sup>[4]</sup>针对 Y 型三通管开裂和起皱缺陷现象, 对管坯进行了应力、应变分析, 为改善支管顶部应力状态和壁厚分布, 提出了分步成形法。姬增利等<sup>[5]</sup>基于 ABAQUS 数值模拟方法, 探究了管材多道次充液挤压过程中成形参数对三通管成形缺陷的影响, 结果表明, 合理的多道次加载路径能够明显改善成形件壁厚分布的均

收稿日期: 2023-03-13; 修订日期: 2023-05-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (52265044); 广西自然科学基金资助项目 (2022GXNSFAA035586); 广西高校中青年教师科研基础能力提升计划 (2021KY0201); 桂林电子科技大学研究生教育创新计划项目 (2023YCX005)

作者简介: 赵鑫牛 (1997-), 男, 硕士研究生

E-mail: zhao\_xinniu@163.com

通信作者: 刘建伟 (1978-), 男, 博士, 教授

E-mail: liujianwei78988@163.com

匀性。齐艳阳等<sup>[6]</sup>研究了预变形对板材轧制缺陷的影响规律, 有限元模拟结果表明, 预变形可以减小板材轧制过程中的边部损伤, 降低板材的应力三轴度。Cui X L 等<sup>[7]</sup>采用 4 步液压成形法, 成形出镍基高温合金复杂 T 型管, 该方法为高温合金室温成形提供了参考。Lang L H 等<sup>[8]</sup>设计了一种冲击液压胀形设备, 通过气体驱动的重锤作用于柱塞, 产生高能液体, 实现小特征板料的成形, 该方法可获得较大的冲击能量, 使材料处在较高的应变速率中, 进而提高成形极限。Liu J W 等<sup>[9]</sup>设计了一种冲击液压胀形装置, 利用模具型腔的改变, 自发地产生内部高压, 研究了内压力在不同模具尺寸和冲击速度下的变化规律, 建立了冲击液压力的数学模型, 为冲击液压的研究提供了理论指导。Yao X Q 等<sup>[10]</sup>利用自行设计的径向冲击液压胀形装置, 研究了不同载荷下管材的成形规律, 得到了成形效果较好的冲击液压胀形参数, 为后续冲击液压的研究提供了指导。

目前, 常规的液压胀形技术依赖于复杂昂贵的高压源设备, 这在一定程度上限制了液压胀形技术的使用范围。针对液压胀形技术依赖高压源和胀形质量较差的问题, 提出了一种渐进冲击液压胀形方法。通过液体容积变化, 自发产生内部高压, 同时将胀形行程分为多步渐进成形, 提高支管的胀形质量。通过将管坯的变形过程分为多步进行, 可提高材料的成形极限, 优化成形质量。

## 1 渐进冲击液压胀形方法

渐进冲击液压胀形技术作为一种新型的复合成形技术, 是在冲击液压胀形和渐近成形基础上发展

起来的一种复合成形技术。它利用冲击体冲击液压腔产生瞬时内高压, 同时冲击体推动管端轴向补料, 能够提高管材的填充性, 同时将冲击行程合理分配到多次道渐进成形中, 使管坯处于动态载荷中, 能够优化成形过程中的材料流动, 提高成形件的壁厚均匀性和成形极限。

多通管渐进冲击液压胀形技术利用压力机的快速进给运动, 大大提高了管材的生产效率; 且此技术无需贵重复杂的专用外部供液和控制系统, 降低了生产成本; 同时, 采用渐进式胀形方法, 提高了支管成形质量。图 1 为一种多通管渐进冲击液压胀形过程示意图。安装定位管坯后, 通过低压泵注入一定初始压力的液体, 由压力机提供压力载荷  $F$ , 冲头在下行过程中起到复合补料和增压的功能。胀形过程中胀形系统容积压缩, 自发地产生高压液体, 在第 1 道次胀形结束后, 冲头可回程, 型腔内由低压泵再次补液; 然后, 进行第 2 道次冲击液压胀形, 循环加载直至成形出需要的零件。渐进冲击液压胀形过程中管坯截面变化如图 2 所示, 随着第 1 道次补料量  $S_1$ 、第 2 道次补料量  $S_2$  及第  $n$  道次补料量  $S_n$  的渐次加载, 主管长度  $L_0$  随之减小至第  $n$  道次的长度  $L_n$ , 第 1 道次支管高度  $H_1$  逐渐增加至第 2 道次支管高度  $H_2$ , 直至成形出需要的第  $n$  道次支管高度  $H_n$ 。

## 2 T 型管的渐进冲击液压胀形实验

### 2.1 实验设备和实验材料

实验选用的材料为 T2 紫铜管, 其力学性能如表 1 所示。管坯外径  $D_0 = \Phi 23$  mm、厚度  $t_0 = 1$  mm、长度  $L_0 = 96$  mm。

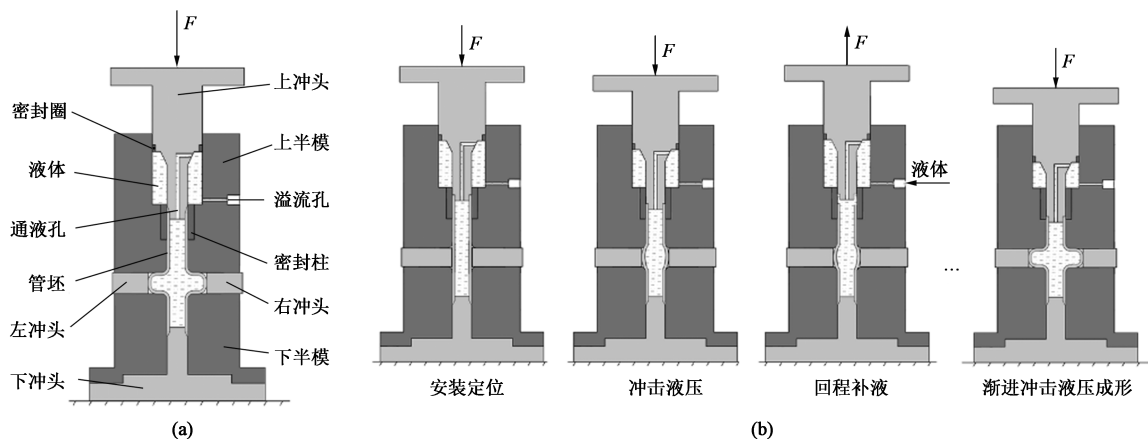


图 1 多通管渐进冲击液压胀形装置结构 (a) 和成形过程 (b) 示意图

Fig. 1 Schematic diagrams of device structure (a) and forming process (b) for incremental impact hydraulic bulging of multi-way tube

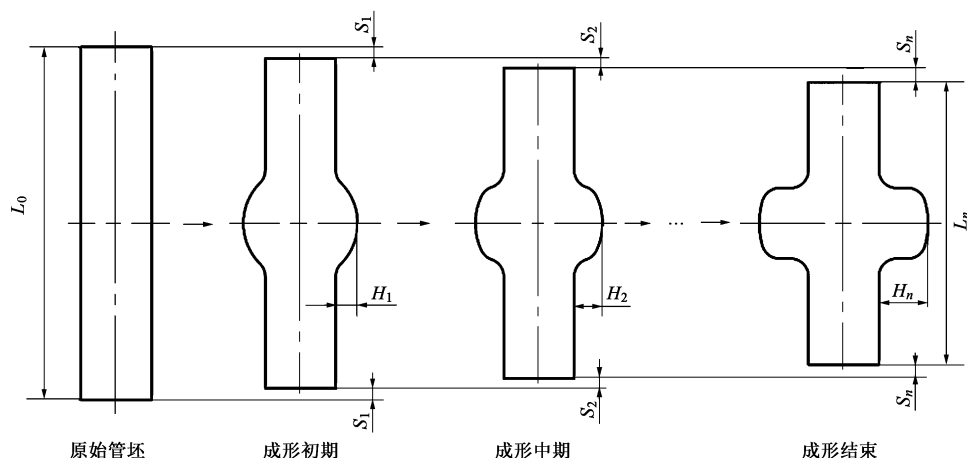


图 2 渐进冲击液压胀形过程中管坯截面形变示意图

Fig. 2 Schematic diagrams of tube blank section deformation during incremental impact hydraulic bulging process

表 1 T2 紫铜管的力学性能

Table 1 Mechanical properties of T2 copper tube

参数	屈服强度 $R_{eL}/\text{MPa}$	抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$	强度系数 $k/\text{MPa}$	硬化指数 $n$
数值	66	295	14.23	0.42

T 型管渐进冲击液压胀形实验采用的设备为思豪 HF-100T 伺服水胀压力机，水胀压力机包括垂直合模的主缸和水平进给的左右侧缸，如图 3 所示。冲击液压胀形所需的胀形介质可由水泵提供。模具采用自行设计加工的 T 型管模具进行，模具结构和实物分别如图 4 和图 5 所示，由上、下模仁及左右轴向冲头组成，辅助结构为模仁垫板、冲头底座。水泵和胀形系统间的管路设有单向阀，确保管坯胀形系统在获得初始内压力后的胀形过程中不泄压。



图 3 思豪 HF-100T 伺服水胀压力机

Fig. 3 Sihao HF-100T servo hydroforming press

## 2.2 胀形实验

T 型管液压胀形工艺中，内压力和管坯两端的

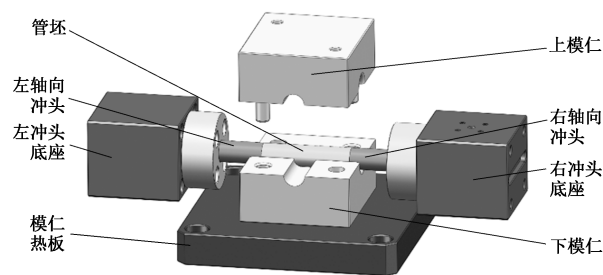


图 4 T 型管胀形模具结构

Fig. 4 Bulging die structure of T-shaped tube

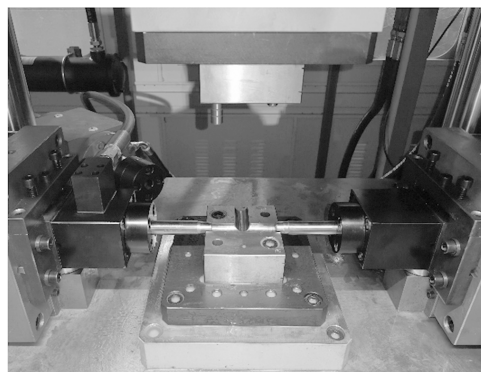


图 5 T 型管胀形模具实物图

Fig. 5 Physical diagram of bulging die for T-shaped tube

轴向补料对成形有显著影响<sup>[11]</sup>。因此，在实验中，需要对内压力和补料量进行合理的匹配，冲击液压的压力由胀形过程中胀形系统液体体积压缩产生，为自发的、不可控的液压力，其与外界给定的初始内压力和胀形过程中的管坯容积变化有较大关系。

管坯周向和轴向流动应力分量比值对成形有较大的影响，在胀形初始阶段，过多、过快的补料量容易导致管坯过早破裂，故设计均步和不同递增曲率的补料量分配方案<sup>[12]</sup>。实验以初始内压力和补料

量为研究对象，进行了 1 道次冲击液压胀形实验、2 道次渐进冲击液压胀形实验和 3 道次渐进冲击液压胀形实验。

2.2.1 主动加压实验

通过主动加压实验，获取 T2 紫铜管胀形的基本载荷参数。设置胀形过程中的压力曲线，封水检测压力设为 5 MPa，最高压力设为 35 MPa，以不同的补料量进行胀形实验，胀形结果如图 6 所示。补料量对支管的高度有较大影响，在达到破裂极限前，支管高度随着补料量的增加而增加，补料量为 21 mm 时，胀形后的 T 型管的支管高度最高，为 19 mm，故设定总的补料量为 21 mm。

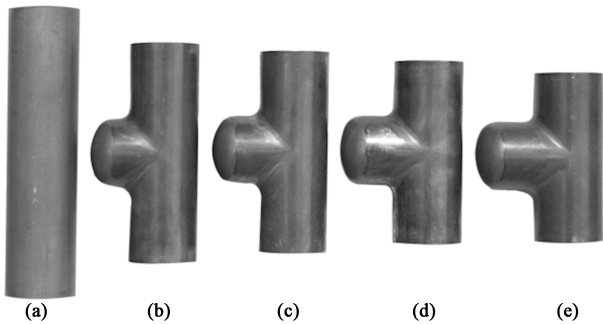


图 6 主动加压下不同补料量成形的 T 型管  
(a) 原始管坯 (b) 补料量为 12 mm (c) 补料量为 15 mm  
(d) 补料量为 18 mm (e) 补料量为 21 mm

Fig. 6 T-shaped tubes formed with different feeding amounts under active pressure  
(a) Original tube blank (b) Feeding amount of 12 mm  
(c) Feeding amount of 15 mm (d) Feeding amount of 18 mm  
(e) Feeding amount of 21 mm

2.2.2 1 道次冲击液压胀形实验

1 道次冲击液压胀形实验中，以 5、10 和 15 MPa 为初始内压力，分别进行胀形实验。胀形结果如图 7 所示，初始内压力为 5 和 10 MPa 时，支管侧壁起皱、不贴模，其主要原因为产生的内压力较小，不能够使管坯贴模。初始内压力为 15 MPa 时，管坯支管处破裂，在 1 道次冲击液压胀形条件下，过高的压力容易导致管坯破裂。

2.2.3 2 道次渐进冲击液压胀形实验

在 2.2.2 节的基础上，确定 1 道次胀形参数为：初始内压力为 10 MPa、补料量为 3 mm，以不同的第 2 道次初始内压力进行 2 道次渐进冲击液压胀形实验，实验的加载路径及成形结果如表 2 所示，胀形结果如图 8 所示。第 2 道次的初始内压力较第 1 道次初始内压力有较大提升，在经过 1 道次的胀形后，T2 紫铜管坯经过塑性硬化，管坯不破裂的初始

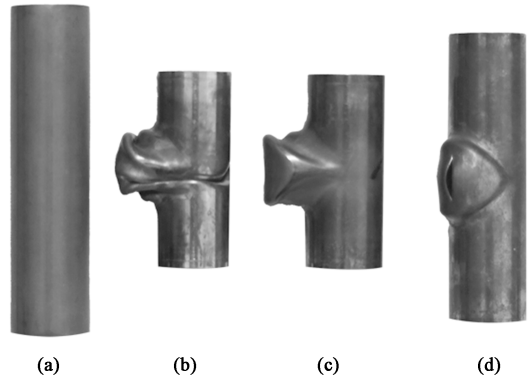


图 7 1 道次冲击液压下不同初始内压力成形的 T 型管  
(a) 原始管坯 (b) 初始内压力为 5 MPa  
(c) 初始内压力为 10 MPa (d) 初始内压力为 15 MPa  
Fig. 7 T-shaped tubes formed with different initial inner pressures under one-pass impact hydraulic pressure  
(a) Original tube blank (b) Initial inner pressure of 5 MPa  
(c) Initial inner pressure of 10 MPa (d) Initial inner pressure of 15 MPa

表 2 2 道次渐进冲击液压胀形实验的加载路径及成形结果  
Table 2 Loading paths and forming results of two-pass incremental impact hydraulic bulging experiment

加载 路径	第 1 道次初始 内压力 $P_1$ /MPa	第 1 道次补料量 $S_1$ /mm	第 2 道次初始内 压力 $P_2$ /MPa	胀形结果
1			20	不贴模
2	10	3	30	成形
3			35	破裂

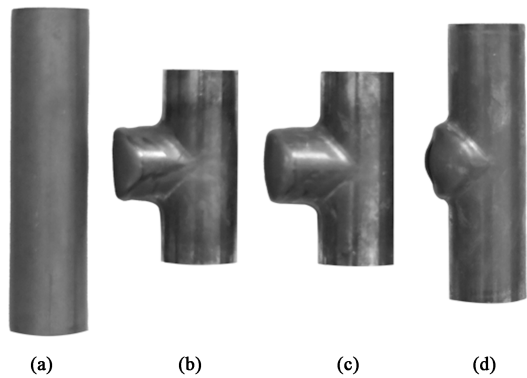


图 8 2 道次渐进冲击液压下不同初始内压力成形的 T 型管  
(a) 原始管坯 (b) 初始内压力为 20 MPa  
(c) 初始内压力为 30 MPa (d) 初始内压力为 35 MPa  
Fig. 8 T-shaped tubes formed with different initial inner pressures under two-pass incremental impact hydraulic pressure  
(a) Original tube blank (b) Initial inner pressure of 20 MPa  
(c) Initial inner pressure of 30 MPa (d) Initial inner pressure of 35 MPa

内压力有较大提升。在达到破裂极限前，支管的贴模性和胀形质量随着 2 道次初始内压力的增大而提高。



2.2.4 3 道次渐进冲击液压胀形实验

以第 1 道次初始内压力为 10 MPa、第 2 道次初始内压力为 30 MPa、第 3 道次初始内压力为 32 MPa, 以及不同的补料量进行 3 道次渐进冲击液压胀形实验。3 种加载路径下各道次的补料量和初始内压力如图 9 所示, 加载路径 A 和加载路径 B 为采用不同曲率的递增补料曲线, 加载路径 C 为均步的补料曲线。其中, 3 种加载路径下均可成形, 其胀形结果如图 10 所示。加载路径 A 成形的 T 型管的支管高度最高, 支管质量较好。

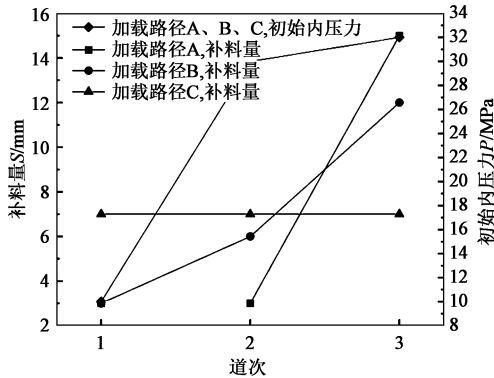


图 9 3 道次渐进冲击液压胀形实验的加载路径

Fig. 9 Loading paths of three-pass incremental impact hydraulic bulging experiment

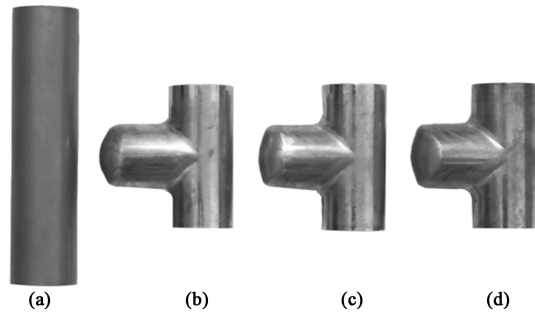


图 10 3 道次渐进冲击液压下不同加载路径成形的 T 型管

(a) 原始管坯 (b) 加载路径 A (c) 加载路径 B (d) 加载路径 C

Fig. 10 T-shaped tubes formed with different loading paths under three-pass incremental impact hydraulic pressure

(a) Original tube blank (b) Loading path A (c) Loading path B (d) Loading path C

3 T 型管渐进冲击液压胀形规律

3.1 支管高度和支管顶部圆角

T 型管支管高度和支管顶部圆角决定了实际可用支管的高度, 是满足后续工序使用要求的重要参数。支管实际可用高度如表 3 所示, 其中  $R_{axial}$  为支

管顶部沿轴向的圆角半径,  $R_{circum}$  为支管顶部沿周向的圆角半径。不同加载路径下的支管高度如图 11 所示, 支管顶部圆角半径如图 12 所示, 其中, T 型管的  $R_{axial}$  小于  $R_{circum}$ 。分析原因: T 型管的轴向补料过程中, 轴向圆角更容易得到主管上部的材料补充, 而周向圆角则由距离较远的主管侧壁及底部补充材料, 材料流动路径较长, 故支管周向圆角部位材料补充较少, 周向圆角半径较大。加载路径 A 对应的支管高度最高, 为 24 mm, 且支管顶部圆

表 3 不同加载路径下实际可用支管高度

Table 3 Actual available heights of branch tube under different loading paths

加载 路径	支管高度 $H/mm$	$R_{axial}/mm$	$R_{circum}/mm$	实际可用支管 高度 $h/mm$
A	24.0	3.5	8.0	16.0
B	22.9	5.0	8.5	14.4
C	21.5	5.5	8.5	13.0

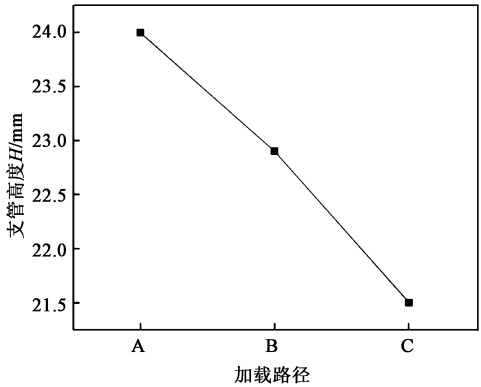


图 11 不同加载路径下 T 型管的支管高度

Fig. 11 Heights of branch tube for T-shaped tube under different loading paths

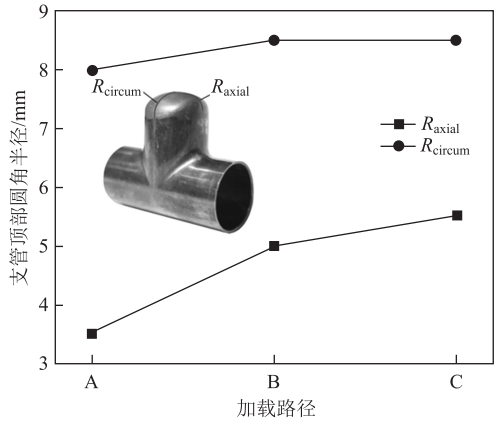


图 12 不同加载路径下 T 型管的支管顶部圆角半径

Fig. 12 Top corner radius of branch tube for T-shaped tube under different loading paths

角半径较小，分别为 3.5 和 8.0 mm，实际可用支管高度最高。加载路径 C 对应的支管高度最低，为 21.5 mm，且支管顶部圆角半径最大。补料量递增曲率先慢后快的路径更有利于成形出支管高度更高且支管顶部圆角较小的 T 型管，管坯经第 1 道次、第 2 道次小变形量的塑性强化，后期第 3 道次较大的补料余量可使管坯在容积变化过程中产生更高的内压力，进而促进支管贴模，使支管顶部圆角减小，获得实际可用支管高度较高的 T 型管。

3.2 T 型管壁厚分布规律

沿 T 型管轴向和周向剖分，分别对支管沿轴向的壁厚、支管沿周向的壁厚和主管底部沿轴向的壁厚进行测量。不同轴线壁厚如图 13、图 14 和图 15 所示，壁厚差如表 4 所示。T 型管主管底部的壁厚最大，主管和支管的过渡圆角处次之，支管顶部最薄，支管顶部圆角壁厚较支管侧壁和支管顶部均有所增大。支管壁厚沿周向从主管底部至支管顶部的壁厚逐渐减小，主管底部壁厚从两端至中间逐渐增大，底部中间部位

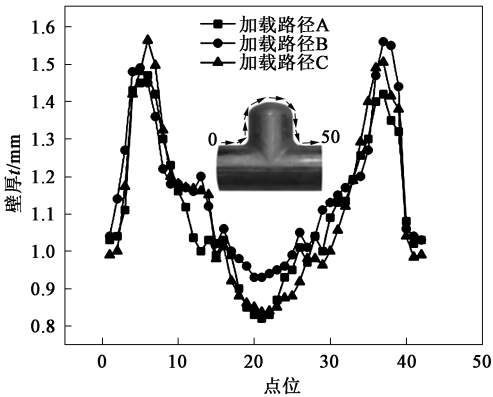


图 13 T 型管支管沿轴向的壁厚分布  
Fig. 13 Wall thickness distribution along axial direction of branch tube for T-shaped tube

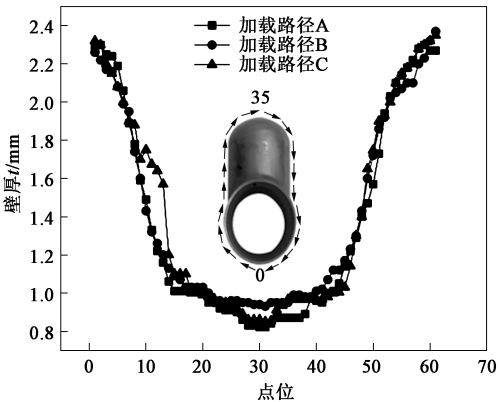


图 14 T 型管支管沿周向的壁厚分布  
Fig. 14 Wall thickness distribution along circumferential direction of branch tube for T-shaped tube

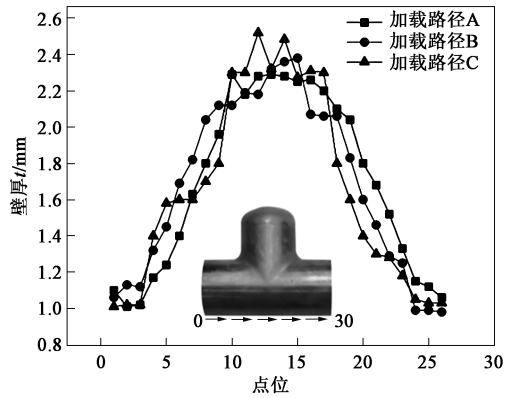


图 15 T 型管主管底部沿轴向的壁厚分布  
Fig. 15 Wall thickness distribution along axial direction at bottom of main tube for T-shaped tube

表 4 不同加载路径下的壁厚差 (mm)

Table 4 Difference in wall thickness under different loading paths (mm)			
加载路径	最小壁厚 $t_{\min}$	最大壁厚 $t_{\max}$	壁厚差 $\Delta t$
A	0.82	2.29	1.47
B	0.95	2.38	1.43
C	0.85	2.52	1.67

为壁厚最大值处，该部位无胀形轮廓，材料堆积较严重。其中，加载路径 A 的最小壁厚为 0.82 mm，减薄率为 18%，发生在支管顶部区域，最大壁厚为 2.29 mm，发生在主管底部中间位置。在减薄率满足许用要求时，加载路径 A 成形的支管高度最高。

4 结论

(1) 渐进冲击液压胀形方法可以成形出质量较好的 T 型管，选择合适的初始内压力和补料量路径，可以提高 T 型管的支管高度，改善壁厚分布。

(2) 在渐进冲击液压胀形工艺中，多道次冲击液压载荷对提高 T 型管的胀形高度作用明显，初始内压力和补料量对 T 型管支管成形影响较大，相比于 1 道次和 2 道次胀形，3 道次冲击液压胀形可以获得成形质量较佳的 T 型管。

(3) 3 道次渐进冲击液压胀形实验下，在设定的加载路径中，加载路径 A 有利于提高支管高度。T 型管主管底部的壁厚最大，主管与支管的过渡圆角处次之，支管顶部最小。

参考文献：

[1] 郭训忠, 陶杰, 王辉. 航空导管先进成形技术的研究进展 [J]. 南京航空航天大学学报, 2020, 52 (1): 12-23.

- Guo X Z, Tao J, Wang H. Research progress on advanced forming technology for aviation tube [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2020, 52 (1): 12-23.
- [2] 苑世剑, 何祝斌, 刘钢. 内高压成形理论与技术的新进展 [J]. 中国有色金属学报, 2011, 21 (10): 2523-2533.
- Yuan S J, He Z B, Liu G. New developments in theory and processes of internal high pressure forming [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2011, 21 (10): 2523-2533.
- [3] 徐勇, 李明, 夏亮亮, 等. 异形排气管多向局部加载液力成形工艺 [J]. 中国机械工程, 2020, 31 (22): 2763-2771.
- Xu Y, Li M, Xia L L, et al. Hydro-mechanical forming process combined with multi-directional local loading for special-shaped exhaust pipes [J]. China Mechanical Engineering, 2020, 31 (22): 2763-2771.
- [4] Liu G, Peng J Y, Wang X S, et al. Effects of preform on thickness distribution of hydroformed Y-shaped tube [J]. Advanced Materials Research, 2011, 189-193: 2796-2800.
- [5] 姬增利, 罗云华, 金俊松. Y 型三通管充液挤压成形的数值模拟 [J]. 热加工工艺, 2022, 51 (5): 89-93.
- Ji Z L, Luo Y H, Jin J S. Numerical simulation on hydro-extruding forming of Y-shaped three-way tube [J]. Hot Working Technology, 2022, 51 (5): 89-93.
- [6] 齐艳阳, 刘江林, 王涛, 等. 基于 FEM 分析轧制预变形对 AZ31B 镁合金热轧板材边部损伤的影响规律 [J]. 稀有金属, 2022, 46 (7): 873-881.
- Qi Y Y, Liu J L, Wang T, et al. Edge damage of hot rolled AZ31B magnesium alloy sheets with pre-rolling based on FEM [J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2022, 46 (7): 873-881.
- [7] Cui X L, Teng B G, Yuan S J. Hydroforming process of complex T-shaped tubular parts of nickel-based superalloy [J]. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2021, 32: 476-490.
- [8] Lang L H, Wang S H, Yang C L. Investigation on the innovative impact hydroforming technology [A]. Proceedings of the 11th International Conference on Numerical Methods in Industrial Forming Processes [C]. Shenyang, 2013.
- [9] Liu J W, Yao X Q, Li Y H, et al. Investigation of the generation mechanism of the internal pressure of metal thin-walled tubes based on liquid impact forming [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2019, 105 (7-8): 3427-3436.
- [10] Yao X Q, Liu J W, Liang H P, et al. Investigation of forming optimization of composite tubes based on liquid impact forming [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2021, 116 (3-4): 1089-1102.
- [11] 朱书建, 李健, 王荣耀, 等. 基于响应面法的 T 型三通管内高压成形仿真与优化 [J]. 热加工工艺, 2022, 51 (9): 95-100.
- Zhu S J, Li J, Wang R Y, et al. Simulation and optimization of T-shaped tube internal high pressure forming based on response surface method [J]. Hot Working Technology, 2022, 51 (9): 95-100.
- [12] 张坤岩, 杨连发, 陈占斌, 等. 基于 K-means 聚类算法的比例加载路径的优化 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (11): 183-189.
- Zhang K Y, Yang L F, Chen Z B, et al. Optimization on proportional loading path based on K-means clustering algorithm [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (11): 183-189.

## 《锻压技术》杂志征稿简则

### 1 征稿范围

《锻压技术》(月刊)于 1958 年创刊,由中国机械总院集团北京机电研究所有限公司和中国机械工程学会塑性工程分会共同主办,是学会会刊。《锻压技术》是全国中文核心期刊,被以下检索系统收录:中文核心期刊要目总览(北京大学)、中国科学引文数据库(核心版, CSCD)、中国科技期刊引证报告(核心版, CJKR)、中国学术期刊文摘数据库(核心版, CSAD-C)、中国学术期刊文摘数据库(英文版)、中国学术期刊综合评价数据库、中国学术期刊(光盘版)、中国知网、万方数字化期刊群、RCCSE 中国核心学术期刊、美国剑桥科学文摘(CSA)、美国化学文摘(CA)、日本科学技术振兴机构数据库(JST)、俄罗斯文摘杂志(AJ)等。

《锻压技术》主要报道金属塑性成形理论、工艺与装备,模具设计与制造技术、材料与成形性能、工业加热技术及设备、摩擦与润滑、测试技术、计算机应用、标准等方面的科研成果、实验研究、现场经验、技术革新等,同时,还辟有综合评述、专题讲座及行业信息等栏目。

### 2 来稿格式及要求

(1) 摘要选用小 5 号字,正文选用 5 号字,单倍行距;页面设置选用 A4 纸,上下左右页边距均选用 2 cm。

(2) 格式(按下列顺序排列,要求内容齐全)

● 论文的中文题目(不超过 30 字)、作者姓名、单位的全称(应包括院、系、科室等二级单位)、省名、城市名、邮政编码。

● 中文摘要:约 300 字,主要表达文章中有创新意义的内容,应含有研究目的、过程和方法、结果、结论 4 个层次;摘要中不要重复题目中已经表述过的信息,也不使用评论性语言。

● 中文关键词(5 个以上),中图分类号 1~2 个。

● 论文的英文题目、作者姓名(如 Zhang Yahong)、单位的全称(不得用缩写,应包括院、系、科室等二级单位)、城市名、邮政编码、国家名。

● 英文摘要:务必与中文摘要完全对应;摘要中涉及文章研究、阐述、设计、试验等内容时宜选用过去时、被动语态撰写,结果、结论宜选用一般现在时撰写,不要使用“The paper studies……”或“The author studies……”这类语句。

● 英文关键词(5 个以上),要求与中文关键词完全对应。

● 首页页脚需注明以下内容:

收稿日期:年-月-日(例如:2007-01-01);修订日期:此项可空缺,由编辑部填写

基金项目:省部以上基金资助项目及批准号(此项非常重要,请勿遗漏)

作者简介:第一作者姓名(出生年—),性别,学位,职称  
E-mail: xx@xx

通讯作者:姓名(出生年—),性别,学位,职称(第一作者不是通讯作者时,请增加此项。)

E-mail: xx@xx

(下转第 265 页)