

ICS 49.035

CCS V20/29

T

团 体 标 准

T/CI 222-2023

三通管液压成形技术规范

Technical specification for T-shape tube forming

2023-12-11 发布

2023-12-11 实施

中国国际科技促进会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由南昌航空大学提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：南昌航空大学、成都飞机工业（集团）有限责任公司、北京航天航空大学、南京航空航天大学、江西洪都航空工业集团有限责任公司、江西佳时特数控技术有限公司、西安飞机工业（集团）有限责任公司、上海航天精密机械研究所、江西腾峰航空机电有限公司。

本文件主要起草人：徐雪峰、范玉斌、危立明、门向南、刘华、曾祥、谢君、张晓春、肖洁、孟宝、冯苏乐、邓涛、杨坪川、苏红亮、李仁花、张文俊、彭忠明、李勇、杨吟飞、李小曼、简瀚明、袁姣、文松涛、伍世天、孔庆海。

三通管液压成形技术规范

1 范围

本文件规定了三通管液压成形工艺的材料、设备、工装、工艺过程控制、质量控制、人员、安全等要求。

本文件适用于管外径为(5~150)mm、管壁厚为(0.5~2.5)mm的三通管液压成形,其中薄壁管的材料可适用于铝合金、不锈钢、钛合金等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GBn 221 铝及铝合金冷拉管

GBN 2296 航空用不锈钢无缝钢管规范

GB/T4436 铝及铝合金管外形尺寸及公差

HB4-55-95 导管弯曲半径

HB 6058-1996 管套

HB/Z 292-1996 飞机金属导管制造

HB 5800-1999 一般公差

Q/5A 3126-2004 数控导管成形工艺规范

HB/Z 408-2013 铝合金小弯曲半径管的内压推弯成形工艺

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液压成形 Hydroforming

利用液体作为传力介质或模具使工件成形的一种塑性加工技术,称为液压成形。

3.2

内压 Internal pressure

三通管成形时向管坯内注入液体以支撑管材胀形的压力。

3.3

进给量 Feed value

三通管成形时，管坯密封后，左、右推头的轴向位移量。

3.4

反冲推头 Counter punch

三通管液压成形为支管提供反推力的部件。

4 技术要求

4.1 材料

4.1.1 管材

管材应符合下列标准：

GBn221 铝及铝合金冷拉管

GJB2296 航空用不锈钢无缝钢管规范

4.1.2 润滑剂

4.1.2.1 润滑剂应具有适当的粘度，对管材无腐蚀和易溶于有机溶剂。

4.1.2.2 可采用机油(航空滑油 60%~80%和石蜡 20%~40%的混合液)、聚四氟乙烯薄膜、油性二硫化钼、航空润滑脂作为润滑剂。

4.1.2.3 润滑剂应根据润滑要求均匀地涂在管壁接触的所有活动面上，包括模具型腔、推头和管坯外壁。

4.1.3. 成形介质

成形介质由纯水或由水添加一定比例乳化油组成的乳化液。

4.2 设备

设备应满足以下要求：

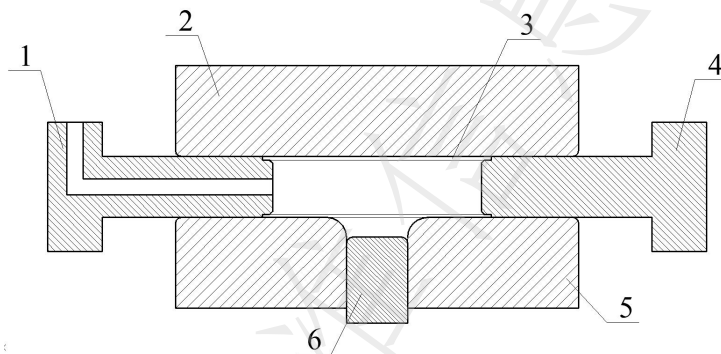
- a) 应能保证三通管成形过程运动平稳可靠、动作准确、压力稳定且调节和控制方便。
- b) 应具有工作台上下运动主油缸、左右侧推油缸的运动和提供系统压力的功能，主油缸用于移动上半模至工作位置，并提供上半模与下半模的合模力，左右侧推油缸提供零件变形所需的推力，整个系统的速度和压力应连续可调。
- c) 设备应能为三通管成形提供足够的推力，根据零件材料成形性能与支管直径等可调节合适的成形内压，基本成形内压参数可按公式（5）近似估算。
- d) 上、下活动工作台具有良好的平行度以及模具固定的卡槽，工作时运动平稳、可控，无卡死、滞涩等现象。

- e) 工作台和左右油缸移动时应无爬行和冲击现象，运动方式转换准确、灵活，各部件锁紧装置不应松动。
- f) 机床及工作装置系统应有足够的刚度。
- g) 应具备可靠的润滑装置，保证各运转部位得到正常的润滑，并应具有防尘措施。
- h) 液压、润滑系统应不渗、不漏。

4.3 工装

4.3.1 工装结构

三通管液压成形用工装如图 1 所示，包括上模、下模、左推头、右推头、反冲推头。



1-左推头；2-上模；3-管坯；4-右推头；5-下模；6-反冲推头

图 1 三通管液压成形工装结构示意图

4.3.2 上模和下模

上、下模的型腔是零件成形关键，它们的分模面应与工作台面平行；上、下模的分模线为三通管主管中心为界，上模型腔为三通管主管一半，下模型腔由主管一半与支管组成，如图 1 所示。上、下模技术要求：

- a) 上模和下模合模时，间隙应小于 0.1mm。
- b) 上模和下模的型腔是工作部分，其形状和尺寸取决于三通管零件的形状和尺寸。
- c) 模具型腔的直径应大于管坯直径 0.2mm~0.4mm。
- d) 型腔两端设计一个合适半径的圆角，防止推头与模具间刮损。
- e) 上下模具选择高强度、耐磨损材料，型腔表面需要进行渗碳和淬火处理，硬度要求 HRC55~65；模具型腔粗糙度 Ra 要求不大于 0.8 μ m。

4.3.3 左推头和右推头

三通管液压成形采用刚体密封，左、右推头在成形时提供推力与密封作用，其技术要求如下：

需要施加合模力，其计算公式件式（1）。

$$F_C = A_P P_C \times 10^{-3} \quad (1)$$

式中： F_C ——合模力，单位吨（ t ）；

P_C ——整形压力，单位兆帕（MPa）；

A_P ——工件在水平面上的投影面积，对于轴向为曲线的零件，投影面积 A_P 为宽度与轴线在水平面上投影长度之积，单位平方毫米（ mm^2 ）。

5.3 管坯制备

5.3.1 三通管的管坯长度应通过公式 4 及图 3 计算得出，并考虑工艺余量。

$$l_0 = l + \frac{D_1 l_1}{D} \quad (2)$$

$$\Delta_l = (60\% \sim 70\%) l_0 \quad (3)$$

$$l_2 = l_0 + \Delta_l \quad (4)$$

式中 l_2 ——实际管坯长度，单位为毫米（mm）；

l_0 ——理想初始管坯长度，单位为毫米（mm）；

l ——成形零件长度，单位为毫米（mm）；

l_1 ——支管高度，单位为毫米（mm）；

D_1 ——支管直径，单位为毫米（mm）；

D ——主管直径，单位为毫米（mm）；

Δ_l ——工艺余量，单位为毫米（mm）。

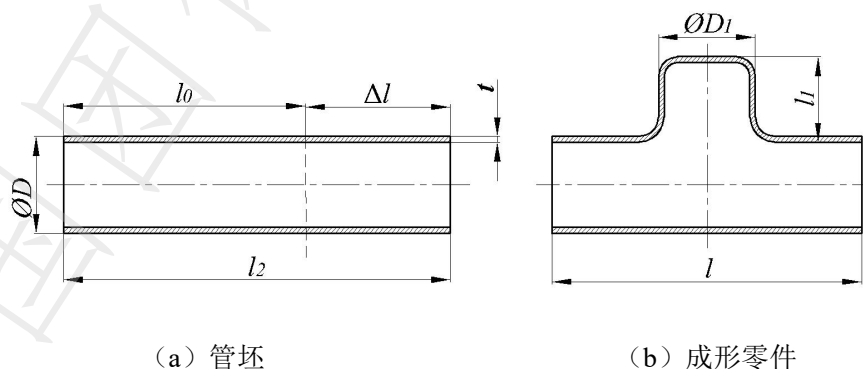


图 3 三通管管坯计算示意图

5.3.2 管坯下料要求、端头要求、下料方法、下料长度极限偏差以及脱漆与除油均按 HB/Z 292-1996 规定执行。

5.3.2.1 同批零件同炉批号材料可一次性下料,同批零件不同炉批号材料应按炉批号分批下料。

5.3.2.2 管坯下料通常在专用设备上进行。

5.3.2.3 按标准实样或产品图样规定的定长,并按本指导文件 5.3.1 规定留出工艺余量,下料长度极限偏差为 $\pm 2\text{mm}$ 。

5.3.2.4 应仔细修光管坯端部,去除毛刺,防止模具与管件出现刮损。

5.3.2.5 脱漆与除油用蒸汽除油或化学除油(含水基清洗剂除油),并用航空洗涤汽油清洗导管内外表面,清洗后用干燥清洁空气吹干。

5.4 液压成形

5.4.1 工艺参数的选取

影响三通管成形质量的主要因素有成形内压、轴向进给量。工艺参数选择应满足以下要求:

a) 管件成形内压取自管件成形中的几个重要的理论压力值,分别是:初始屈服压力,整形压力和破裂压力。

初始屈服压力(P_y)可按公式(5)近似估算:

$$P_y = \delta_s \frac{2t}{D-t} \quad (5)$$

式中: δ_s ——管件材料屈服强度,单位为兆帕(MPa);

t ——管坯厚度,单位为毫米(mm);

D ——管坯直径,单位为毫米(mm)。

整形压力(p_c)可按公式(6)近似估算:

$$p_c = \frac{t_c}{r_c} \sigma_s \quad (6)$$

式中: r_c ——工件截面最小过渡圆角半径,单位为毫米(mm);

t_c ——过渡圆角处的平均厚度,单位为毫米(mm);

σ_s ——整形时材料流动应力,单位为兆帕(MPa)。

破裂压力(P_b)可按公式(7)近似估算:

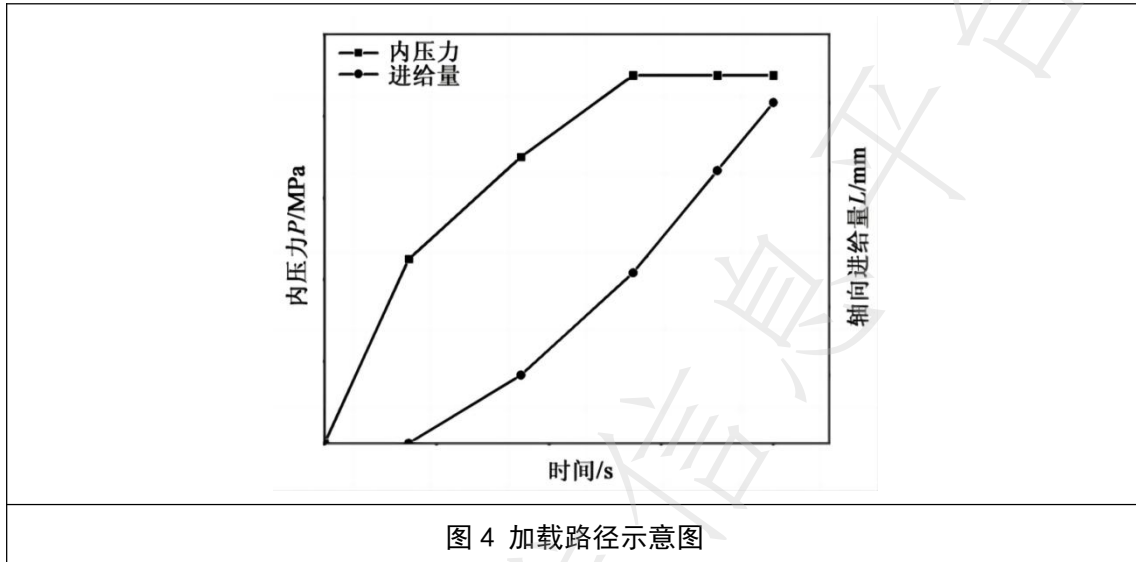
$$P_b = \delta_b \frac{4t}{D-t} \quad (7)$$

式中: δ_b ——整形时材料流动应力,单位为兆帕(MPa)。

b) 三通管在 Y 轴方向轴对称,其左右轴向进给量相等。轴向进给量(L)可根据公式(8)近似估算:

$$L = \frac{l_2 - l}{2} \quad (8)$$

c) 根据计算得的初始屈服压力，整形压力，破裂压力和轴向进给量编辑内高压成形加载路径，加载路径如图（4）所示。



5.4.2 内高压成形之前应仔细清理模具型腔内表面，不应有颗粒、毛刺或油污。

5.4.3 润滑剂应均匀地涂在模具型腔、推头端面和管坯外壁上。

5.4.4 成形过程中，轴向进给速度根据零件要求确认。

5.4.5 应选择合适的成形压力，压力过小导致出现波纹和椭圆的截面；压力过大增大了管坯与模具型腔工作表面的摩擦力，会导致管坯破裂和起皱。

5.5 检验

5.5.1 圆度比

圆度比为同一截面上最大直径与最小直径之差。成形管件主管与支管的圆度比公差检验按 HB 4-55 规定执行。

5.5.2 支管高度

支管高度为支管顶端与主管高度差的长度，评判标准需符合零件尺寸要求，一般三通管的支管高度极限为 1D。

5.5.2 弯曲后壁厚减薄量

三通管最小管壁厚度检验按 HB4-55 规定执行。

5.5.3 连接管外表面状态

零件主管和支管的皱纹度、划伤度和压痕度检验按 HB4-55 规定执行。

6 质量控制要求

6.1 三通管液压成形前应进行相关的工艺试验，以获得成形时所需的工艺参数。

6.2 成形中应严格控制以下工艺参数：成形内压、轴向进给量、摩擦润滑等。

6.3 三通管液压成形等所用的工装和设备应在受控期内。

7 人员、安全要求

7.1 操作人员应经技术培训合格后持证上岗。

7.2 加工操作应按相关安全要求进行。
