

ICS 49.035

CCS V20/29

团体标准

T/CI XXX-2023

三通管液压成形技术规范

Technical specification for T-shape tube forming

(征求意见稿)

2023-X-X 发布

2023-X-X 实施

中国国际科技促进会 发布

中国国际科技促进会(CIAPST)是1988年经中华人民共和国国务院科技领导小组批准而成立的全国性社会团体。制定团体标准、开展标准国际化和推动团体标准实施,是中国国际科技促进会的工作内容之一。任何团体和个人,均可提出制、修订中国国际科技促进会团体标准的建议并参与有关工作。

中国国际科技促进会标准按《中国国际科技促进会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国国际科技促进会征求意见稿经向社会公开征求意见,并得到参加审定会议的80%以上的专家、成员的投票赞同,方可作为中国国际科技促进会标准予以发布。

在本标准实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄给中国国际科技促进会标准化工作委员会,以便修订时参考。

任何团体和个人,均可对本标准征求意见稿提出意见和建议,牵头起草单位联系方式:
71000@nchu.edu.cn

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，本标准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、陈世明、张晓春、谢君、肖洁、孟宝、冯苏乐、邓涛、杨坪川、苏红亮、李仁花、李勇、杨吟飞、李小曼、简瀚明、袁皎。

三通管液压成形工艺规范

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 5~150mm、管壁厚为 (0.5~2.5)mm 不同材料的三通管液压成形。

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。

GB/T4436 铝及铝合金管外形尺寸及公差

GBn221 铝及铝合金冷拉管

HB4-55-95 导管弯曲半径

GBN 2296 航空用不锈钢无缝钢管规范

HB 6058-1996 管套

HB 5800-1999 一般公差

Q/5A 3126-2004 数控导管成形工艺规范

HB/Z 292-1996 飞机金属导管制造

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

三通管 T-shape tube

将管坯放入模具中，闭合模具，管件两端通过冲头密封；使用低压泵给系统将成形介质注满管件，接着切断泵与管件之间的连接；移动密封冲头使管件两端产生向中心方向移动的轴向位移；高压泵开始工作、随着进给量与压力的匹配增加，使管件发生变形，最终成形出零件为三通管。

3.3

内压 Internal pressure

高压泵开始工作，往管坯内注入液体，支撑管材胀形的压力。

3.4

进给量 Feed value

管件两端通过冲头密封，并管件两端产生向中心方向移动的轴向位移，为进给量。

3.5

反冲推头 Counter punch

三通管内高压成形工艺中，管坯在左右推力，反推力和内部压力的作用下复合胀形成形出支管，并形成三通管；平衡冲头在管件成形过程中推头反推力，平衡推头的直径大小同模具型腔相同；使用活塞缸控制平衡冲头，活塞缸的压力就是平衡压力。

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

成形介质有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

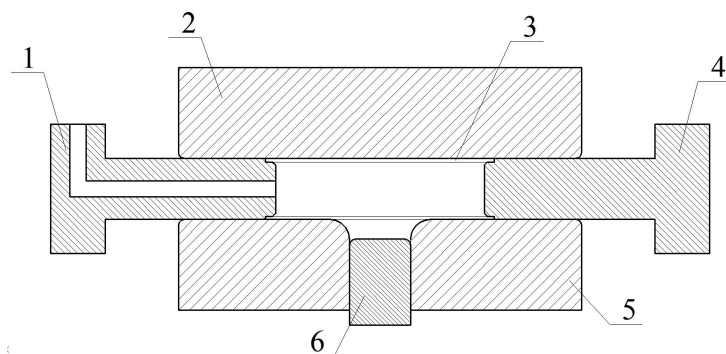
缸用于提升上半模至工作位置，并承受上半模与下半模合拢的合模力，左右侧推油缸提供零件变形所需的推力，整个系统的速度和压力应连续可调。

- 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（1）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-平衡推头

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) 型腔两端设计一个半径为 3mm 的圆角，防止推头与模具间刮损。

5.2.1 调整设备，保证设备各部分运转正常。

5.2.2 安装模具，应使模具型腔的合力作用中心，左右推头中心与轴向液压缸轴线相重合，以防止压力机动力系统偏斜。

5.2.3 上、下模合模时，型腔错位量应不大于 0.05mm，为使模具合模间隙不大于 0.1mm，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）。

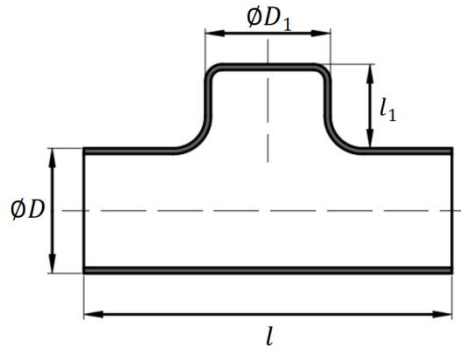


图 3 三通管管坯计算示意图

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 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 两端头应去除毛刺并用压缩空气吹干净。

5.3.2.3 管坯下料通常在专用设备上进行,管坯下料使用线切割机精确切割。

5.3.2.4 按标准实样或产品图样规定的定长并按本指导性技术文件

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。

5.3.3 应仔细修光管坯端部,去除毛刺,防止模具与管件出现刮损。

5.4 液压成形

5.4.1 工艺参数的选取

影响内高压成型的主要工艺参数有成形内压、轴向进给量。其中,管件成形内压与轴向进给量是影响成形过程的主要因素。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:

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

式中: r_c ——工件截面最小过渡圆角半径,单位为毫米(mm);

t ——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)。

压力 (P_y) 可按公式 (7) 近似估算;

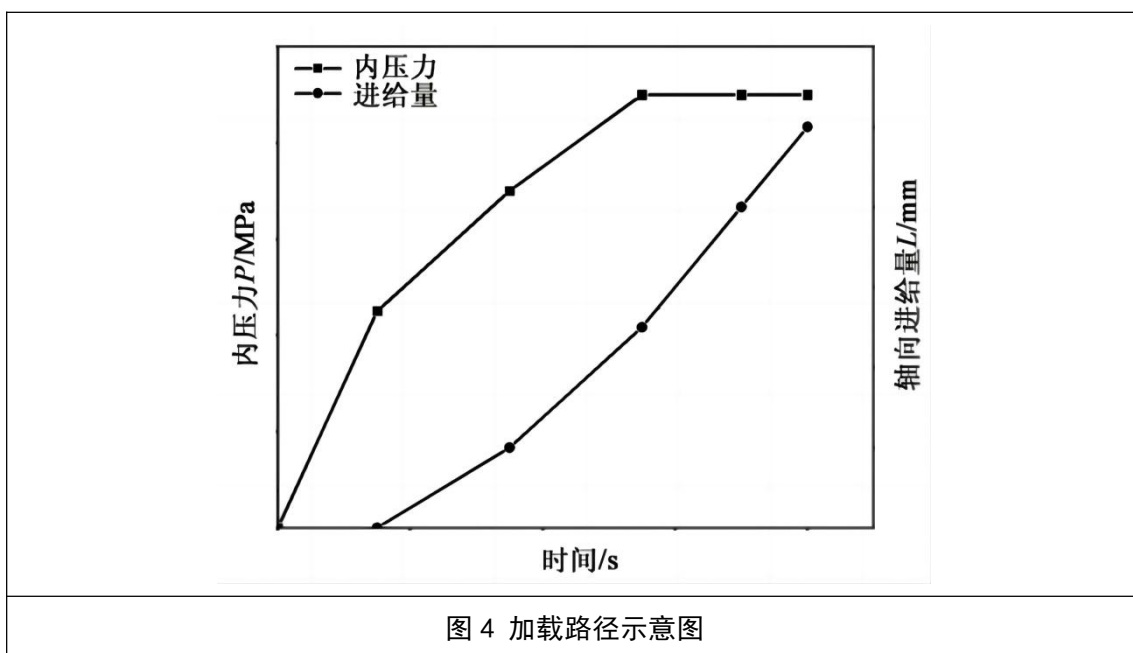
$$P_b = \delta_b \frac{4t}{D-t} \quad (7)$$

式中： σ_b ——整形时材料流动应力，单位为兆帕(MPa)。

b) T形三通管径在Y轴方向轴对称，其左右轴向进给量相等。轴向进给量(F)可根据公式(X)近似估算：

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

c) 根据计算得的初始屈服压力，整形压力，开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(8)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上下模具型腔工作表面的摩擦力，会导致毛料断裂和起皱。

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

支管高度为支管定顶端与主管高度差长度，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。
