

小直径超薄柱形筒体旋压加工方案优选

何 芳 贾江宏 杨 凡 王静薇 胡养娟 刘 洋
(西安长峰机电研究所, 西安 710065)



摘要: 根据小直径超薄壁柱形筒体的结构特点, 采用错距、正向旋压加工方法, 制定出三种旋压毛坯工艺方案并列试验, 经过旋压工艺验证, 优选出采用 5mm 厚旋压毛坯两道次旋压成型的工艺为最佳方案, 与其它两种方案相比, 其优点为工序少、产品精度高、经济效益好。
关键词: 柱形筒体; 超高强度钢 45CrNiMo1VA; 旋压

Scheme Selection of Spinning Forming Processing of Small Diameter Super-thin Cylindrical Tube

He Fang Jia Jianghong Yang Fan Wang Jingwei Hu Yangjuan Liu Yang
(Xi'an Changfeng Research Institue of Mechanism and Electricity, Xi'an 710065)

Abstract: The stagger forward spinning technology is adopted according to the structural characteristic of a small diameter super-thin cylindrical tube. Three kinds of the spinning forming processes of roughcast are simultaneously tested. By the spinning forming process validation, the optimal scheme is the processing of 5mm roughcast two-pass spinning forming. Contrast to the other two schemes, its advantages are simple working procedure, high precision and low cost.

Key words: cylindrical tube; ultrahigh strength steel 45CrNiMo1VA; spinning

1 引言

金属旋压是一种近似逐点连续变形的塑形加工方式, 综合了锻造、拉伸、挤压、弯曲、环轧、横轧和滚压等工艺特点, 是材料近净成形极为有效的成型技术, 旋压加工过程中少或无切削, 材料利用率高, 在航空航天领域得到了广泛的应用, 同时其也是制造高精度空心回转体零件的主要方法^[1]。某发动机燃烧室壳体的筒体采用旋压成型, 由于节点紧、任务急, 采取多套毛坯方案并行, 经过工艺试验, 优选出最佳的毛坯方案。

长径比 11.4, 壁厚(0.65±0.05)mm, 直线度不大于 0.55mm, 圆度不大于 0.30mm。

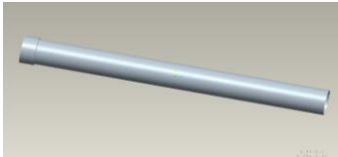


图 1 柱形筒体结构图

表 1 D6AC 钢化学成分 %

C	Ni	Mn	S	V
0.42~0.48	0.4~0.7	0.6~0.9	≤0.015	0.05~0.15
Si	Cr	Mo	P	
0.15~0.35	0.9~1.2	0.9~1.1	≤0.015	

2 柱形筒体结构尺寸

某发动机燃烧室壳体为小直径柱形筒体结构, 柱形筒体结构见图 1, 选用材料为超高强度钢 45CrNiMo1VA (简称 D6AC), 具体化学成分见表 1^[2],

3 旋压毛坯技术要求及工艺试验方案

3.1 旋压毛坯技术要求

作者简介: 何芳 (1980-), 工程师, 材料成型及控制工程专业; 研究方向: 固体火箭发动机壳体旋压成型。
收稿日期: 2015-07-23

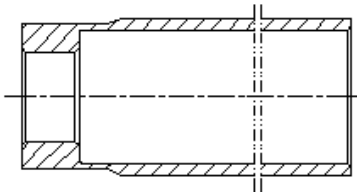


图 2 旋压毛坯结构示意图

旋压毛坯采用正旋结构，旋压毛坯的内孔与旋压毛坯之间的间隙为 0.10mm。管坯的质量要求包括管坯的内外表面应光滑，不得有裂纹、擦伤、起皮等缺陷。管坯的显微组织不得有过烧，低倍组织不得有夹层、缩尾、气泡、气孔等。坯料起旋处形状应与旋轮工作部分形状相吻合，由于坯料带厚底，起旋处宜越

过底部，旋压毛坯结构见图 2。

3.2 旋压毛坯工艺试验方案

旋压毛坯选用管坯，需要经过下料、热处理、机加等工序才能具备旋压加工状态，周期较长。由于产品要求节点紧，为了不影响生产进度，设计三套旋压毛坯方案，详见表 2，并列进行旋压工艺试验，根据试验情况优选旋压工艺方案。

变薄旋压减薄率反映工件的变形程度： $\psi_m = (t_n - t_{n+1}) / t_n^{[3]}$ ， ψ_m ——工件的道次减薄率， t_n ——第 n 道次工件壁厚， t_{n+1} ——第 $n+1$ 道次工件壁厚； $\psi_t = (t_0 - t_f) / t_0^{[3]}$ ， ψ_t ——工件的总减薄率， t_0 为工件旋压毛坯壁厚， t_f ——工件壁厚。

表 2 工艺试验方案

项目	一道次		二道次		三道次		总减薄率	是否中间退火
	壁厚	减薄率	壁厚	减薄率	壁厚	减薄率		
7.5mm 毛坯	4.8mm	36%	2.8mm	41.7%	0.65mm	76.8%	91.3%	是
5mm 毛坯	2.8mm	44%	0.65mm	76.8%	—	—	87%	否
2.8mm 毛坯	0.65mm	76.8%	—	—	—	—	76.8%	否

4 旋压设备、方式及工装

4.1 旋压设备

旋压加工选用三旋轮数控强力旋压机，总旋压力 25t，旋轮单向压力 15t，可旋工件直径范围为 60~610mm，工件正向旋压最大长度 2000mm、反向旋压最大长度 3000mm。

4.2 旋压方式

采用错距旋压加工方式，错距旋压通常是在均布三旋轮旋压时，旋轮相互间沿轴向和径向各错开一定的距离而成形零件的方法。错距旋压可以在一道次中完成通常几道次才能完成的工作，使功效成倍提高，并可提高工件的尺寸精度，但总旋压力和主轴功率则相应增加。

错距旋压有两种形式：径向错距和轴向错距。在实际加工过程中，多数错距旋压同时采用两种形式。如图 3 所示，120°均匀分布的三个旋轮错距旋压时 1、2、3 三个旋轮径向错开一定的距离（见图 3a），轴向也需要错开一定的距离（见图 3b）。

4.3 旋压工装

4.3.1 旋压芯模

根据柱形筒体壁厚超薄的特点，旋压芯模设计成正旋结构，为了便于装卸旋压毛坯及旋压工件，将芯模设计成尾端带凸台的结构。芯模材料 9Cr2Mo，整体淬火，工作表面硬度 HRC62。

4.3.2 旋轮

选用 2 个 R4 双锥旋轮和 1 个 R2 台阶旋轮，轴向错距是根据旋轮结构确定的一个定值，径向错距量根据每种毛坯方案具体确定。

5 旋压试验情况

由于柱形筒体壁厚只有 0.65mm，且筒体内径接近旋压机可旋产品的下限，考虑到旋压过程中的壁厚反弹，旋压工艺参数的选择是一个技术难点，尤其是压下量的合理选择，更是一个关键要素。旋程、旋压道次和道次变形率根据材料的极限减薄率 $\varepsilon_{\max}$ 和压（下转第 40 页）

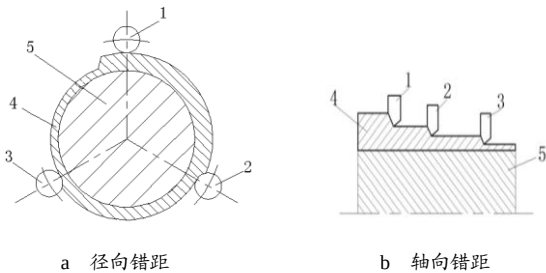


图 3 错距旋压示意图^[3]

1、2、3—按顺序排列的旋轮 4—工件 5—旋压芯模