

D6AC 超薄壁燃烧室壳体数控旋压成形工艺研究

赵宇迪 王静薇

(西安长峰机电研究所, 西安 710065)



摘要: 通过对某型号固体火箭发动机超薄壁燃烧室壳体旋压工艺研究, 分析 D6AC 材料筒形件在超薄壁旋压生产中壁厚、圆度、直线度的控制以及前期毛坯设计问题。从工艺角度主要解决生产中遇到的产品质量问题, 兼顾各个工艺方案在不同生产阶段的适用情况。

关键词: D6AC 钢; 超薄壁; 燃烧室; 数控旋压

Research on NC-Spining Process of Ultra Thin Wall Combustion Chamber Made by D6AC Steel

Zhao Yudi Wang Jingwei

(Xi'an Changfeng Research Institute of Mechanical-Electrical, Xi'an 710065)

Abstract: Analysis with the Spinning Forming of the thin-wall combustion chamber, the thickness, roundness and straightness accuracy controlling of the D6AC workpiece are carried out, the design of the semifinished product are analysed and solved. The balance between quality and cost in spinning technology are achieved.

Key words: D6AC steel; ultra thin wall; combustion chamber; NC-Spining

1 引言

为在武器系统应用中拓宽作战空域, 提高打击能力精确性, 实现灵活机动性。需要发动机壳体材料具有强度高、耐高压、重量轻等特点。低合金超高强度钢 45CrNiMo1VA (以下简称 D6AC), 因其具有良好的塑性、冲击韧性、高强度, 现已广泛应用于航天、军工、机械制造等领域。

某型号固体火箭发动机燃烧室壳体(以下简称发动机壳体), 采用超高强度钢 D6AC 旋压成形。旋压工艺是通过旋轮对毛坯进行逐点碾压, 从而产生局部连续点塑性成形的一种无切削加工方法。通过旋压成形达到细化晶粒组织、提高尺寸精度的目的。

旋压成形分为普通旋压和强力旋压两种, 强力旋

压与普通旋压都可改变毛坯外形, 两者主要区别在于强力旋压改变坯料形状的同时也对坯料的壁厚进行减薄加工, 而普通旋压对壁厚改变很少。强力旋压又可分为正旋和反旋, 正旋时金属向未成形的自由端流动, 变形阻力较小, 故不易产生金属堆积, 贴膜性较好, 因而制品内径公差和椭圆度均较小, 纵向失稳的倾向性也小。反旋与正旋的金属流向刚好相反, 金属向已成形端流动, 因而变形阻力大, 易产生金属堆积, 扩径现象会造成内径偏差和椭圆度过大。本文采用强力旋压中的正旋加工方法。

2 D6AC 材料性能

D6AC 钢化学成分及力学性能见表 1、表 2。

表 1 D6AC 钢化学成分

项目	C	Si	Mn	P	S	V	Ni	Mo	Cr	%
元素	0.43~0.49	0.15~0.35	0.6~0.9	≤0.015	0.05~0.15	0.4~0.7	0.9~1.1	0.9~1.2	0.43~0.49	0.15~0.35

作者简介: 赵宇迪 (1985-), 助理工程师, 机械设计制造及其自动化专业; 研究方向: 旋压成形。

收稿日期: 2012-10-31

表 2 D6AC 钢力学性能

项目	抗拉强度 R_m /MPa	规定残余伸长应力 $R_p0.2$ /MPa	断后伸长率 A %	冲击吸收功 A_k /J	断面收缩率 Z %	断裂韧性 k_{IC} /MPa $m^{1/2}$
元素	≥ 1520	≥ 1415	≥ 8	≥ 35	≥ 35	≥ 85

3 零件工艺参数

发动机壳体为一端带有内外凸台的超薄壁筒形件,产品尺寸为:壁厚 $0.6\pm 0.05\text{mm}$, 外径 $\Phi 70\pm 0.1\text{mm}$, 长度 $900\pm 0.3\text{mm}$, 长细比高达 13, 结构示意图见图 1。

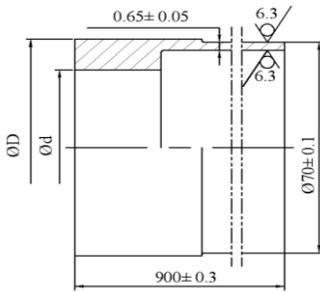


图 1 发动机壳体示意图

4 工艺分析

4.1 可旋性分析

发动机壳体壁厚过薄给旋压前毛坯尺寸的确定、旋压时工艺参数的调整增加了难度。由于壁厚过薄,一些影响产品精度的次要因素,如工装的安装精度、旋后筒体的检验误差等都不能忽视。这就无形中增添了诸多不稳定因素,较同类其它厚壁产品增加了旋压的难度。

4.2 工艺方案

由于此发动机壳体尚处于模样阶段,本着质量先行兼顾成本的原则制定工艺方案。要在保证壳体壁厚、圆度、直线度的前提下,结合壳体结构确定旋压

方法、工艺参数、毛坯尺寸三个方面的工艺方案。由于壳体一端有凸台结构且直线度和圆度要求较高,所以旋压方法宜采用正旋。根据产品尺寸、产品结构、工艺参数、材料减薄率、成本等因素确定 3 个规格的毛坯方案进行工艺试验,毛坯结构示意图见图 2。

由于管坯料的规格是一定的,所以毛坯的长度直接关系到产品的成本,而毛坯的长短又决定于材料的可旋性。根据旋压前后工件金属总体积不变的原则,可据公式(1)计算出在拟定毛坯厚度情况下各方案毛坯的状态,如表 3 所示。

$$L_0 = \frac{Lt}{t_0} + \Delta \quad (1)$$

式中: L_0 ——毛坯长度; t_0 ——毛坯厚度; L ——旋后产品长度; t ——产品厚度; Δ ——工艺余量。根据公式(2)计算总减薄率和各道次减薄率。

$$\psi_i = \frac{t_0 - t}{t_0} \quad (2)$$

式中: ψ_i ——减薄率。

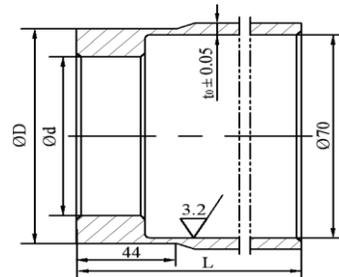


图 2 发动机壳体旋压毛坯示意图

表 3 三种旋压毛坯状态

测量项目	壁厚 t_0 /mm	总长 L_0 /mm	总减薄率 ψ_i %	旋压道次数
第一种方案	2.8	260	90	1
第二种方案	5	170	87	2
第三种方案	7.5	125	91.3	3

5 工艺试验

5.1 第一种毛坯状态

只经过一个道次旋压成形。通过控制进给比(F/S)、旋轮下压量来控制旋后圆度、直线度、内径等各项指标,检测数据见表 4 中“第一种方案”各项

数据。

5.2 第二种毛坯状态

基于第一种毛坯状态的旋后数据。由于产品壁厚过薄,所以道次减薄率的平均分配原则不起主导作用。依据道次减薄量来调试各道次旋轮下压量。

表4 三种旋压毛坯旋后数据

工艺参数		F/S 进给比	旋后壁厚/mm	各道次减薄率 $\Psi_i/\%$	总减薄率 $\Psi_T/\%$
第一种方案		0.91	0.64~0.65	90	90
第二种方案	1道次	0.83	2.34~2.39	52	87
	2道次	0.79	0.64~0.65	75	
第三种方案	1道次	0.92	4.87	35	91.3
	2道次	0.92	2.40~2.46	50	
	3道次	0.79	0.59~0.6	76	

5.3 第三种状态毛坯旋后数据

在前两种毛坯状态旋压基础上进行第三种旋压，分三个道次旋压，在第三个道次时出现表面起皱缺陷如图3所示。经分析材料减薄率过大造成加工硬化最终导致产品在第三道次时出现表面起皱缺陷，因此在一道次结束后进行去应力退火处理。最终旋后数据见表4。



图3 产品表面起皱

前期设计、工艺的性能测试用。第三种毛坯状态由于工艺路线繁冗，各道次期间还需要进行热处理，无论从工艺的可行性还是产品成本角度来看都极不适合单件产品的初期工艺方案或少量产品的工艺试验阶段，而适用于工艺、设备、人员都已确定的大批量工厂式生产。

此次超薄壁筒形件数控旋压试验的成功，不仅拓宽了旋压设备的应用范围，同时在工艺参数优化、前期毛坯设计和成本控制方面，对今后类似大长细比、超薄壁厚的零件加工起到了指导作用。我们也希望能籍此契机，不断扩大旋压设备的应用领域，发挥设备优势，将旋压技术的应用推上一个新的高度，展现强力旋压技术独特的优越性。

6 结束语

经过三种毛坯状态的试验，超薄筒形件旋压的工艺路线趋于明朗。第一种毛坯状态成本过高但工艺简便、旋压道次少、易调节等特点可作为验证可旋性而进行的单件产品初期工艺方案。第二种毛坯状态成本低于第一种毛坯状态，但其工艺较复杂，两个旋压道次调节较为不便，适用于少量产品的生产，一般用于

参考文献

- 1 赵云豪, 李彦利. 旋压技术与应用. 机械工业出版社, 2008
- 2 王成和, 刘克璋. 旋压技术. 机械工业出版社, 1986
- 3 李增辉, 韩冬. 某发动机金属壳体长圆筒旋压工艺研究. 中国航天科工集团公司, 2003
- 4 陈适先. 强力旋压工艺与设备. 国防工业出版社, 1986
- 5 徐洪列. 强力旋压技术. 国防工业出版社, 1984



(上接第45页)



图8 前后滑块最终成形

性能指标,明确了CMT方法在调质态滑块表面堆焊铜的工艺优势,最终在产品生产上成功应用该焊接方法,得到了质量良好的堆焊层。

参考文献

- 1 徐越兰, 等. 铜钢熔敷焊工艺方法分析研究. 南京理工大学学报, 2002
- 2 张日恒. 铜钢异种金属材料的焊接工艺. 压力容器. 宇航出版社, 2003
- 3 王克鸿, 等. 弹带熔敷扩散焊技术研究. 兵器材料科学与工程, 2002
- 4 李亚江, 等. 异种难焊材料的焊接与应用. 北京: 化学工业出版社, 2004
- 5 洪永昌. 铜与钢的二氧化碳气体保护焊试验研究. 南京理工大学学报, 2002

6 结束语

通过对某壳体滑块表面CMT法堆焊铜工艺研究,验证了CMT方法在产品上应用的可行性,确定了影响堆焊质量的各项因素,检验了堆焊接头及组织的各项

