

用普通车床旋压薄壁细长管

广州民航职业技术学院实训基地金工教研室 (广东 510403) 张毓琴

旋压是用于成形薄壁空心回转体零件的一种金属加工方法,它综合了锻造、挤压、拉深、弯曲、环轧、横轧和滚压等工艺的特点,是一种少无切削加工的先进工艺。具有变形条件好、制品性能高、尺寸公差小、材料利用率高、制品范围广等优点,已经在各先进工业国家的工业部门显示出其先进性、实用性和经济性。本文将介绍在普通车床上用滚珠旋压法加工铝合金薄壁细长管的工艺过程。

1. 零件加工的要求与分析

我们所旋压的零件为铝合金薄壁细长管,材料为 LD2,如图 1 所示。

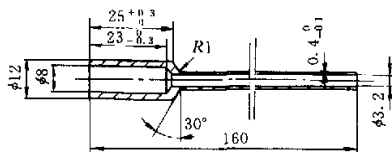


图 1

若采用一般的车加工工艺生产该零件,存在的主要困难是:

- (1) 3.2mm 的内孔要钻深 160mm 不太容易。
- (2) 长径比太悬殊,车 $\phi 4$ mm 外圆不稳定。

针对以上情况,我们自制模环、芯棒等工装,在普通车床上用滚珠旋压工艺将薄壁细长管旋压成形。其加工工艺过程为:下料→车毛坯→退火处理→旋压→车其余尺寸→固溶处理(见图 2)。

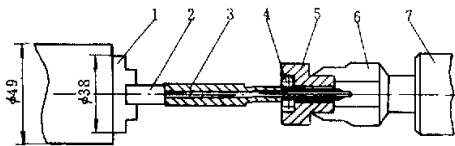


图 2 旋压加工示意图

1. 卡盘 2. 芯棒 3. 零件 4. 钢珠 5. 模环
6. 钻卡 7. 尾座

2. 毛坯成形段的尺寸计算

毛坯材料 LD2 属于铝镁硅合金。在美国莱脱公司公布的数据中,铝合金筒形件在一次强力旋压中的极限减薄率为 75%。通常,取减薄率的 30%

~40% 可保证零件达到较高的尺寸精度。于是我们取总减薄率为 72%,分三道次旋压,每道次减薄率均在 30%~40% 之间。旋压毛坯如图 3 所示。

旋压部分毛坯壁厚的计算公式: $\frac{\delta_0 - \delta}{\delta_0} = \psi$

式中 δ_0 ——旋压部分毛坯壁厚, mm

δ ——旋压部分工件壁厚, 这里为 0.4mm

ψ ——减薄率, 取 72%

则 $\delta_0 = \frac{\delta}{1 - \psi} = \frac{0.4 \text{ mm}}{1 - 72\%} = 1.43 \text{ mm}$, 取整后可得 $\delta_0 = 1.4 \text{ mm}$

旋压部分毛坯长度: $l_0 = \frac{l \times \delta}{\delta_0}$

式中 l_0 ——旋压部分毛坯长度, mm

δ_0 ——旋压部分毛坯壁厚, mm

δ ——旋压部分工件壁厚, 为 0.4mm

l ——工件旋压长度, 为 140mm

则 $l_0 = \frac{140 \times 0.4}{1.4} \text{ mm} = 40 \text{ mm}$

毛坯直径 $d_0 = 3.2 + 2\delta_0 = 6 \text{ mm}$

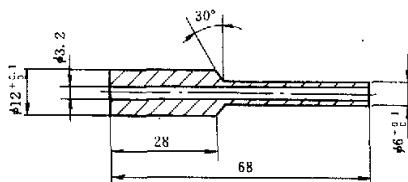


图 3 旋压毛坯图

3. 工装设计与计算

对于滚珠旋压,起主要变形作用的工具是钢珠、模环和芯棒。钢珠与模环组成旋压头。

(1) 钢珠 由图 4 可得如下近似几何关系:

$$d_{\text{球}} = \frac{2\Delta\delta}{1 - \cos\alpha}$$

式中 $\Delta\delta$ ——壁厚减薄量, mm

α ——钢珠零件的咬入角。根据试验资料,

大多数金属的 α 选择 $20^\circ \sim 25^\circ$ 。

预选 I 道次的减薄率为 32% 时, $\Delta\delta = 0.448 \text{ mm}$,



$$\text{则钢珠直径 } d_{\text{球}} = \frac{2\Delta\delta}{1 - \cos\alpha} = \frac{2 \times 0.448\text{mm}}{1 - \cos 25^\circ} = 9.56\text{mm}$$

以此类推,可算出其他道次的钢珠尺寸。根据这些值来选取标准钢珠。

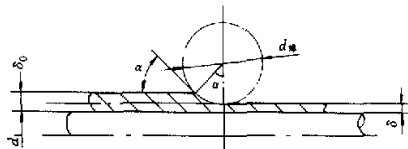


图4 变形区示意图

因钢珠径向尺寸是不可调的,故钢珠数量无需计算,在模环中排满即可,但钢珠间应留有适当的间隙,其总和不超过钢珠直径之半。

我们在旋压此零件时,钢珠的数量为4~5个。

(2) 模环(见图5) 模环内径的计算公式如下:

$$D = d_1 + 2(d_{\text{球}} + \delta)$$

式中 d_1 ——芯棒小端直径(见图6),同孔径,即为3.2mm

δ ——旋压部分壁厚,mm

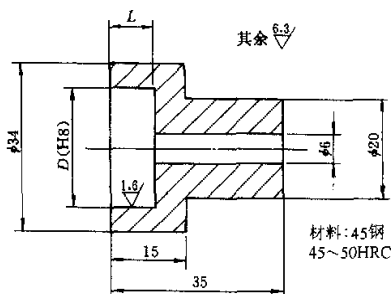


图5 模环零件图

则Ⅰ道次: $D = [3.2 + 2 \times (9.5 + 0.9)]\text{mm} = 24\text{mm}$

以此类推,可算出其他道次的模环内径,见表1。

表1 (mm)

模环尺寸	Ⅰ道次	Ⅱ道次	Ⅲ道次
D	$\phi 24$	$\phi 18.3$	$\phi 17.9$
L (由试验得)	9	6	6
滚珠直径	9.5	7	7

(3) 芯棒 芯棒(见图6)是滚珠旋压过程中另一个不可缺少的重要变形工具。在本例中,芯棒小端直径: $d_1 \approx d_0 = 3.2\text{mm}$ (d_0 为旋后工件内径)。

一般情况下,芯棒直径取工件内径的下偏差值。

由于芯棒的外表面与工件的内表面直接接触,其表面必然承受着相当大的局部作用力,而且作用点沿进给方向按螺旋线变化。同时,金属材料在变形时沿芯棒接触面流动产生很大的摩擦力,因此要求芯棒具有足够的强度、刚度、硬度、加工精度和良好耐磨性,且应具有良好的表面质量,不得有裂纹、划痕、擦伤和局部凹凸等缺陷。



图6 芯棒零件图

4. 旋压工艺参数

旋压工艺所选择的工艺参数见表2。

表2

工艺参数	Ⅰ道次	Ⅱ道次	Ⅲ道次
壁厚减薄率 ϕ (%)	35.7	38.8	36.4
壁厚绝对减薄量 $\Delta\delta/\text{mm}$	0.5	0.35	0.2
主轴转速 $n/\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	1800	1800	1800
进给量 $f/\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$	0.0039	0.0039	0.0039

$$\text{总壁厚减薄率: } \phi = \frac{\delta_0 - \delta}{\delta_0} \times 100\% = \frac{1.4 - 0.4}{1.4} \times 100\% = 71.4\%$$

旋压总时间约为42min。

5. 旋压件质量

旋压后零件的外径控制在 $\phi 3.9^{+0.033}_{-0}$ mm (该尺寸随模环内径而变化),圆度为0.005mm,内径尺寸为 $3.2^{+0.02}_{-0.01}$ mm,表面粗糙度值 $R_a = 1.6\mu\text{m}$,没有锥度。加工精度均超过图样要求。

由于旋压加工是塑性变形,金属流线是连续的,表面粗糙度值很低,且没有一圈一圈的痕迹,提高了零件的表面质量。

6. 旋压中应注意的问题

(1) 旋压中的堆积现象 试验研究表明,在一定的变形条件下,毛坯材料会在钢珠前形成局部隆起,即金属堆积。

当毛坯较薄时,会出现图7c所示形态。当局部隆起保持稳定不变时,变形仍是稳定的。当变形条件使隆起逐步增加,超过一定界限时,则会产生毛坯材料的掉皮,并将工件表面压伤,此时变形成为非稳定的,如图7d所示。

金属堆积与毛坯材料的性质及成形区材料的局

用折弯机替代油压机加工瓦楞板

江苏石油勘探局机械厂 (江都 225231) 袁如同 徐辉

油田钻探多在野外进行, 为方便工作, 施工人员一般都居住在就近安置的活动野营房内。由于野营房需要随着施工现场的变化而搬家, 需要频繁起吊和推移。于是我厂在制造野营房时, 为增加墙板的强度, 常把 $1.25\text{m} \times 2.5\text{m}$ 的 2mm 厚的钢板制成瓦楞形, 如图 1 所示。

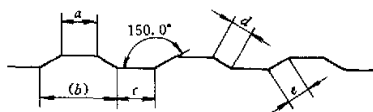


图 1

由于厂内设备有限, 一般都送外协作, 在 5000kN 油压机上用专用模具压制。

在赴新疆油田制作沙漠公寓野营房时, 当地既无大功率油压机, 也不能做专用模具, 无法按原方法压制。于是我们结合当地的实际条件, 利用符合板长的相应型号的折弯机, 经过反复试验, 成功折制出所需的瓦楞板。具体工艺如下:

(1) 划线 按照楞线的尺寸 (a 、 c 、 d 、 e) 要求, 划出一条条折弯线。因钢板批量大数量多, 搬动时会将线抹掉, 且折弯时钢板正反交替, 因此正反两面都要划线, 且要在折弯线的两端剪一缺口, 作为折弯时对刀的依据, 参见图 2。

部流动有着密切关系。钢珠前局部隆起随着壁厚减薄率、进给量和咬入角的增大而增大。

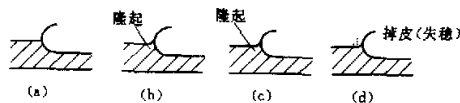


图 7 旋压时滚珠前毛坯变形

于是, 我们在车床进给齿轮系中增加了两个 $Z = 85$ 的齿轮, 将机床最小进给量 $f = 0.02\text{mm/r}$ 降低到 $f = 0.0039\text{mm/r}$, 此时最初存有的大量堆积现象有明显好转, 再旋压时基本上无堆积。

另外, I 道次旋压时应尽量选择直径大的钢珠, 以此来减小咬入角, 这样也会使堆积减小。

(2) 折弯 用废料试压, 逐步将折弯角调整为 150° , 并确定上下折弯模的间距, 然后开始折压瓦楞板, 折压工序见图 3。每道折弯都必须保证上下模的行程相同, 至此, 一个工序循环结束。如此周而复始, 可折压出所有瓦楞形。工序循环可以归纳为: 折→翻面折→同面折→翻面折→同面折……

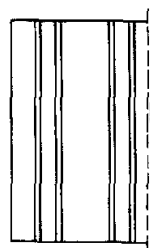


图 2

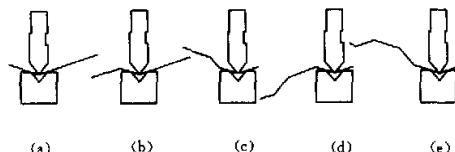


图 3 折弯工序图

(a) 折最边上的第一个弯折 (b) 翻面折第二个弯折
(c) 再折同一面第三弯折 (d) 翻面折第四弯折
(e) 重复 (a) ~ (d) 工序

这种方法原是为临时解决问题所采用的, 后来我们把它应用到日常生产中, 减少了外协加工费, 在一台折弯机上可以折弯出各种尺寸和角度的瓦楞板, 适用于不同型号的野营房小批量制造, 缩短了生产周期, 降低了生产成本。

(20030508)

(2) 毛坯的热处理 实践表明, 毛坯的原始状态对旋压件的质量影响很大。毛坯处理工艺选择不当, 可能导致零件质量下降, 甚至报废。我们对毛坯的热处理作了比较试验: 无退火处理时, 钢珠前材料大量堆积, 致使剥去一层皮; 360°C 中温退火, 一旋时有大量堆积, 二旋时有少量堆积; 370°C 中温退火, 一旋时有少量堆积, 二旋时无堆积。

综上所述, 钢珠旋压适于加工薄壁筒形零件, 工装简单, 可用普通车床加工, 成本低廉。在普通车床上用钢珠旋压工艺加工薄壁细长管, 可以节约大量的原材料, 提高零件质量, 使有些非常难实现的加工工艺变得简单。

(20030618)