

在拉床上冷挤压猎枪枪管的工艺研究

山东临工挖掘机有限责任公司 (276006) 王海涛

某猎枪枪管的材料为 40Cr, 长度为 513mm, 内孔直径为 $18.5^{+0.10}_{-0}$ mm, 内孔表面粗糙度值 $R_a = 0.4\mu\text{m}$ 。枪管作为枪械的主要零件, 尤其是内孔的生产加工质量, 直接影响到猎枪的总体性能。因此, 内孔的加工也就成为枪管加工的关键。为了保证内孔的加工质量, 过去在加工工艺上一直采用圆料钻孔、扩孔, 最后精铰孔的方法进行。但该工艺工序较繁琐, 生产效率低, 内孔的加工质量也因加工刀具的磨损等原因极不稳定。为了改变这种低效落后的加工方法, 提高产品的质量和生产效率, 我们利用相同材质的无缝钢管在拉床上进行内孔冷挤压, 取得了满意的效果。

1. 枪管加工工艺性的分析

枪管内孔的加工属于一种小孔径的长孔加工, 而内孔表面粗糙度又要求极低, 单纯用圆钢钻孔既费时又费力。而用冷挤压加工却是一种精细高效的方法, 可获得 IT5~IT6 级的精度, 表面粗糙度值 $R_a = 0.025 \sim 0.4\mu\text{m}$ 。所用工具简单, 制造容易, 但设备刚性要好, 因为在挤压加工时产生的径向力较大, 容易产生畸变。

2. 枪管挤压时所需挤压力的计算

挤压时, 挤压力的大小与挤压工具和加工零件的接触面积 A 、挤压工具对加工零件孔壁的单位压力以及摩擦系数 μ 有关。

(1) 挤压接触面积 A 、过盈系数 ϵ 的计算
根据加工的实际情况, 我们选择挤压加工单边过盈量 $i = 0.2\text{mm}$ 。考虑到金属在挤压后的弹性回复, 采用带有导向的单环挤压头作为挤压工具, 如图 1 所示。这种挤压工具对挤压效果的影响要素是: 前角 α 、后角 α_1

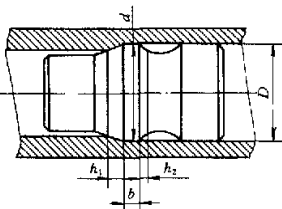


图 1

和圆柱形工作部分的宽度 b 。根据工具书的经验介绍, 前角 α 和后角 α_1 一般取 $4^\circ \sim 5^\circ$, 宽度 b 一般

取 $1.5 \sim 3\text{mm}$, 也可根据公式 $b = d/13 + 0.3$ 选取。因此, 我们将挤压工具的工作部分设计为: $d = 18.6^{+0.05}_{-0}$ mm, $b = 1.8\text{mm}$, $h_1 + h_2 = 5\text{mm}$, 则 $A \approx \pi db + \pi d(h_1 + h_2) \approx 400\text{mm}^2$; $\epsilon = i/d = 0.01$ 。

(2) 挤压枪管时挤压力 $F_{\text{挤}}$ 的计算 根据图 2 所示的挤压力 $F_{\text{挤}}$ 与接触面积 A 、过盈系数 ϵ 的关系得出: $F_{\text{挤}} \approx 2.9 \times 10^4 \text{N}$, 添加安全系数为 1.3, 则 $F_{\text{挤}} \approx 1.3 \times 2.9 \times 10^4 \text{N} \approx 3.77 \times 10^4 \text{N}$ 。

3. 挤压方式的选择

孔的挤压加工分推挤压和拉挤压。根据经验, 短孔一般采用推挤压, 长孔一般采用拉挤压。该枪管长 513mm, 内孔直径为 18.5mm, 孔径比 $L/D = 513/18.5 > 8$, 属于较长孔, 按经验应采用拉挤压的方式进行加工。

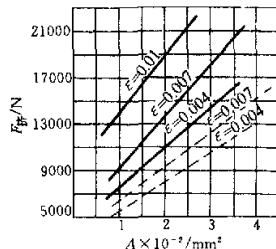


图 2 挤压力 $F_{\text{挤}}$ 与 A 、 ϵ 的关系
(实线用于钢件, 虚线用于铸件)

(1) 拉挤压加工

存在的问题。枪管毛坯的内孔要由 18mm 一次挤压到 18.5mm, 受孔径的限制, 采用拉挤压时拉杆的直径尺寸不能大于 18mm。而拉杆同挤压头之间要有一定的连接, 因此该处直径会更小, 所承受的拉应力也将更大。把拉杆和挤压头做成一体也不合理, 因为挤压头的材料一般选用硬质合金 YG 类, 而拉杆的材料一般选用普通结构钢。做成一体则既浪费材料, 又增加加工难度。

可见, 拉挤压加工并不是简洁有效的方法。

(2) 推挤压加工存在的问题。我们打破传统的经验改用推挤压加工, 但首先应该具备一个顶杆来推动挤压头进行挤压, 同样因枪管所限, 顶杆直径不能超过 18mm, 工作行程最小为 513mm。

根据材料力学理论, 顶杆的受力状态为受压的细长杆件。由于该种构件的特点及受力形式, 使这类构件破坏具有特殊性。其主要矛盾是稳定性, 即



当轴向压力达到某一值时,顶杆完全丧失原来的直线状的平衡,产生很大的弯曲变形,丧失支承工作压力的能力。当压杆丧失稳定时,横截面上的正应力将小于屈服极限,甚至小于比例极限。

(3) 改变顶杆的稳定性。根据材料力学压杆稳定性理论可知,受压杆的稳定性指标是临界应力。当压杆横截面上的应力达到临界应力时,压杆即丧失稳定。临界应力与材料的机械性质、断面形状、尺寸长度及两端支座情况等因素有关。在挤压过程中,顶杆不受径向力影响,两端连接不能改变,长度无法缩短,端面形状为圆柱形,断面直径不大于18mm。总之,要想改变顶杆的稳定性,唯一可行的方法是根据实际情况,适当增加支承,这样就相当于间接地缩短了顶杆长度。

下面我们计算顶杆克服挤压力、保持正常直线平衡状态所能达到的长度 $L_{许}$ 。

材料力学理论中衡量压杆稳定性的指标为临界应力 F_k 。根据欧拉公式 $F_k = \pi^2 EI_{min} / (\mu L)^2$ 及工作安全系数 $n = F_k / F_{挤}$, 可推算出

$$L^2 = (\pi^2 EI_{min}) / (n F_{挤} \mu^2)$$

式中 $F_{挤}$ ——临界应力,此处 $F_{挤} = 3.77 \times 10^4 \text{ N}$

E ——弹性模量,一般材料为 $20 \times 10^4 \text{ N}$

I_{min} ——横截面上最小端面惯性矩,一般为 $0.05 d^4$

μ ——杆件端部支座情况对临界力的影响系数,根据实际情况选为2

n ——工作安全系数,本文中根据材料力学的有关理论条件: $n \geq n_w = 4 \sim 6$

将前面的数据代入可计算出:

$$L^2 = (3.14^2 \times 20 \times 10^4 \times 0.05 \times 18.6^4) / (6 \times 3.77 \times 10^4 \times 2^2) \text{ mm} = 114.2 \text{ mm}$$

即顶杆长度不大于114.2mm时,足以能够达到到挤压要保持直线状态的平衡稳定。所以,我们把加长的顶杆每间隔长度小于100mm的位置上作随动支承,以提高顶杆的稳定性。

(4) 在拉床上进行推挤压,完成枪管的加工。在拉床上进行拉削是顺理成章的事,但要进行推挤压,该如何把拉力转变为推力呢?我们想到,在拉削时牵引力处于拉刀柄形成拉的方式。如果改变拉力着力作用点,让该力作用在拉刀头端,就可变拉力为推力了。根据这一思路,我们进行构思设计:把顶杆的末端固定在两拉杆之间,让三杆头端连

在一起,拉床牵引头联结两拉杆的另一端,进行拉动。此时顶杆头部进行的即为推运动,把枪管安装在顶杆头前,即可进行推挤压。要使顶杆保持稳定性,我们可在顶杆中间每隔100mm之间增加一块厚30mm的滑动支承来保证顶杆不弯曲。结构装置如图3所示。

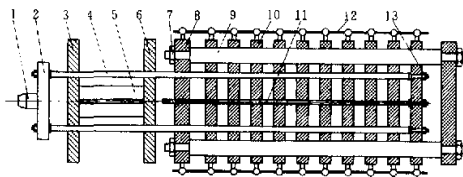


图 3

1. 拉刀柄 2. 牵引块 3. 安装法兰盘
4. 拉杆 5. V形铁 6. 支承板 7、13. 螺母
8. 支承座 9. 导向滑杆 10. 辅助滑动板
11. 顶杆 12. 复位挠性铰链

4. 结构

图3所示装置安装在L6120卧式拉床上,整体由三部分构成:拉床连接部分、枪管安装部分和导向滑动支承部分。

(1) 拉床连接部分由拉刀柄1和牵引块2等组成。

(2) 枪管安装部分由安装法兰盘3、V形铁5和支承板6等组成。

(3) 导向滑动支承部分由支承座8、导向滑杆9、辅助滑动板10、顶杆11、复位挠性铰链12、拉杆4及螺母7等组成。

5. 工作原理

该装置由拉床牵引拉刀柄1,通过牵引块2和拉杆4带动末端滑动板向前滑动,从而依次推动其他滑动支承板向前滑动,直至所有滑动支承板滑动到一起,即完成了挤压工作行程。反之,再由拉床推动拉刀柄1,使得末端滑动板退回复位。由于各滑动板均由钢丝铰链联结,所以末端滑动板后退时,其他滑动板也依次跟着后退到原来位置,这样该装置就完成了工作运动和复位运动。由于顶杆是固定在末端滑动板上的,所以滑动板运动时,顶杆也就顶着挤压工具进行工作、复位。至此,安放在V形铁5上的枪管就挤压出来了。

6. 制造工艺要点

(1) 整套导向滑动部分、辅助滑动板与导向滑

斜圆柱冲件展开毛坯

江苏精科互感器有限公司 (宿迁市 223800) 罗芳宾

图 1 所示零件, 为我公司的产品之一。该零件采用模具冲压加工, 因形状不规则, 毛坯用常规方法计算繁琐, 故采用作图法展开。

首先将该件分成两部分, 一部分为梯形 (见图 1 中的 ACDB), 一部分为半圆柱两端各截掉一部分 (见图 1 中的 BDFE)。计算 α 角, 即

$$\tan \alpha = AC / (CF - AE) = 100 / (244 - 160) \approx 1.19$$

则 $\alpha \approx 55.5^\circ$

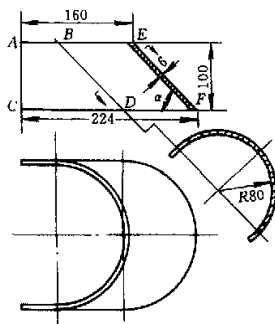


图 1

再将图 1 中的 BDFE 部分旋转一角度 $\alpha = 55.5^\circ$, 按 1:1 作图 (见图 2)。假想有另一圆柱与

其相贯, 现只要将半圆柱与假想圆柱的相贯线 BE 及 DF 展开曲线作出, 即可作出 BDFE 的展开平面图。

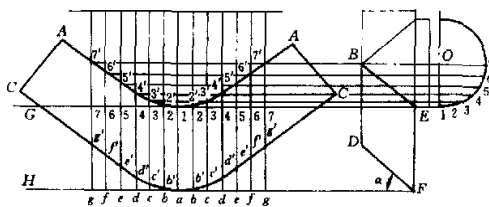


图 2

作图按以下程序进行:

- (1) 过 B、E、F 三点分别作直线垂直于 EF。
- (2) 在 BO 直线上找一点为圆心, 以假想圆柱为半径作一半圆, 并将 BO 线以下的 1/4 圆弧六等分, 得 1、2、3……7 各点。
- (3) 过 1、2、3……7 各点作直线平行于 EG。
- (4) 在 EG 直线上截取一线段, 使其长度等于斜圆柱半圆弧长, 斜圆柱半径以中性层半径计算, $\rho = R + k\delta = (80 + 0.5 \times 6) \text{ mm} = 83 \text{ mm}$, 并将其 12 等分, 得 1、2、3……7 各点。 (下转第 77 页)

杆的配合间隙应适当, 滑动要灵活, 运动要畅快, 两端支承座要牢固, 并使两滑杆等高距, 以保证顶杆的中心正对拉床的牵引中心。

(2) 导向滑杆的表面粗糙度值 $R_a = 0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$, 调质硬度为 260 ~ 280HB; 滑套内孔表面粗糙度值 $R_a = 0.8 \mu\text{m}$; 顶杆材料为合金结构钢, 调质硬度为 290 ~ 340HB, 表面粗糙度值 $R_a = 1.6 \mu\text{m}$; 滑动板两平面粗糙度值 $R_a = 0.8 \mu\text{m}$, 两端滑孔与端面要垂直。

(3) 工件夹夹部分应保证安装在上方的工件的中心对准顶杆的中心。

(4) 拉床牵引中心、工件中心和顶杆中心应处于同一直线。

7. 装置特点

- (1) 该装置经生产实践证明, 操作简便, 质量可靠, 生产效率高。
- (2) 挤压速度可达 5 ~ 8m/min。
- (3) 由于拉床是水平牵引, 工件无需夹紧, 只要平放在 V 形铁 5 上, 顶紧法兰盘 3 即可。
- (4) 由于是一次挤压, 内孔表面粗糙度降低, 表面得到冷作硬化, 内孔质量得到提高。
- (5) 由于拉床动力是液压的, 其工作平稳性比机械传动的挤压专机高, 工件质量明显提高。

总之, 该套装置的设计为我公司解决了枪管的内孔加工问题, 同时节约了资金、降低了生产成本、提高了产品质量。

(20030826)