

壳体缩口工艺及模具设计

聂兰启¹, 汪发春²

(1. 山东红旗机电有限公司, 山东 潍坊 261031; 2. 北京有色金属研究总院, 北京 100088)

摘要: 通过对壳体零件缩口工艺进行分析, 介绍了零件的工艺参数的计算方法及缩口凹模的设计, 同时介绍了模具结构及模具的工作过程, 并对该零件缩口过程中出现的问题, 给出了解决措施, 保证了该零件缩口的顺利进行。

关键词: 壳体; 缩口; 缩口系数; 缩口凹模

中图分类号: TG385.2 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2010)04-0076-04

Necking Process and Die Design of Shell Bodies

NIE Lan-qi¹, WANG Fa-chun²

(1. Shandong Hongqi Electromechanical Co. Ltd., Weifang 261031, China;

2. Beijing General Research Institute for Nonferrous Metals, Beijing 100088, China)

Abstract: Through the analysis of the necking process of the shell bodies the calculation method of the process parameters and necking die design are presented. And the structure and working process of the mould are discussed. The measures to solve the problems in necking are taken, which ensures that the parts are necked successfully.

Key words: shell body; neck; necking ratio; necking die

壳体零件如图 1 所示。材料为 08F 钢, 该零件

表面质量要求严格: 不允许有折皱, 表面划伤、划痕不大于 0.15 mm。零件生产批量较大。

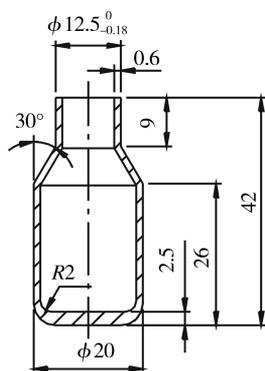


图 1 壳体

Fig. 1 Shell body

1 工艺性分析

该零件是一个典型缩口零件。缩口是将经过拉伸或变薄拉伸的圆筒形工件或管形件, 通过模具将其口部直径缩小的一种成形方法。缩口加工有以下方法^[1]。

1.1 旋压缩口

旋压缩口利用旋压模或旋轮在普通车床上或专用旋压机上进行。由于旋压过程中, 缩口成形是逐

收稿日期: 2010-03-26

作者简介: 聂兰启(1965—), 男, 山东莒南人, 工程师, 中国机械工程学会塑性工程分会会员, 主要从事金属材料塑性成形工艺及工艺装备的研究, 曾多次获山东省国防科技工业办公室“五小”成果奖。

渐进行的,故大大减轻了缩口传力区产生失稳的危险,可以提高每次缩口的变形程度。该方法生产效率较低,适用于直径大、相对壁厚较小的管坯。

1.2 冲击缩口

冲击缩口是在专用的冲击缩口机(旋转锻造机)上进行,也称为旋转锻造缩口,它主要用于细长厚壁管件的加工,如炮管的加工。设备是专用设备,价格昂贵,大部分是花重金从国外进口。

1.3 冲压缩口

冲压缩口是使用专用模具,在普通曲柄压力机或液压机上进行加工。根据缩口时模具对毛坯的支承情况,冲压缩口又可分为无支承、外支承、内支承等3种方式。有支承缩口增加了毛坯的稳定性,可提高缩口成形质量和极限缩口变形程度。

冲压缩口方法具有生产效率高、零件质量好、设备通用性强,适用于中小尺寸的薄壁圆筒形工件或管形件的缩口。

通过以上分析,该零件采用冲压缩口工艺。

2 工艺计算

2.1 缩口次数及各次缩口直径的确定

2.1.1 缩口变形程度

缩口变形程度以缩口后工件直径与缩口前毛坯直径之比来表示,此比值称为缩口系数。缩口系数用 m 表示。

$$m = \frac{d}{D}$$

式中: d ——缩口后的直径;

D ——缩口前的直径。

该零件总缩口系数 $m = \frac{d}{D} = 0.625$

2.1.2 缩口次数的确定

缩口次数的选择原则是^[2]: $\sum m > 0.75$ 时,采用1次缩口; $\sum m$ 为 $0.64 \sim 0.74$ 时,采用2次缩口; $\sum m$ 为 $0.60 \sim 0.63$ 时,采用3次缩口。由于该零件总缩口系数 $m = 0.625$,故采用3次缩口。

2.1.3 各次缩口系数的确定

决定各次缩口系数的基本原则是:缩口的总变

形量主要由前2次缩口承担,而末次缩口主要是为了保证零件的外形尺寸,因此,变形量比较小。对于3次缩口加工,各次缩口系数的确定:对于该零件,一般先确定第2次缩口的缩口系数 m_2 , m_2 取 $0.82 \sim 0.86$;再确定第1次缩口的缩口系数 m_1 , $m_1 = (0.92 \sim 0.96)m_2$,最后确定第3次缩口的缩口系数 m_3 。 m_3 可通过公式 $m_3 = \frac{\sum m}{m_1 m_2}$ 求得。

对于该零件,取 $m_2 = 0.84$,则 m_1 的范围为 $0.773 \sim 0.81$,取 $m_1 = 0.80$, $m_3 = \frac{\sum m}{m_1 m_2} \approx 0.93$

2.1.4 各次缩口毛坯的口部外径的确定

第1次缩口后口部外径 $d_1 = m_1 D = 16.8$ mm。

第2次缩口后口部外径 $d_2 = m_2 d_1 = 13.45$ mm。

第3次缩口后口部外径 $d_3 = m_3 d_2 = 12.5$ mm。

2.2 毛坯高度的计算

对锥形缩口,有筒形出口部分时,毛坯高度 H 为:

$$H = 1.05 \left[h_1 + h_2 \sqrt{\frac{d}{D}} + \frac{D^2 - d^2}{8D \sin \alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}} \right) \right]$$

式中: h_1 ——缩口后零件口部高度;

h_2 ——未缩口变形部分高度;

D ——缩口未变形部分直径(中径);

d ——缩口后零件口部直径(中径);

α ——锥形缩口之半角。

对于该零件, $h_1 = 9$ mm; $h_2 = 26$ mm, $D = 19.4$ mm; $d = 11.9$ mm; $\alpha = 30^\circ$ 。将以上数值代入得:

毛坯高度 $H = 38$ mm。

2.3 缩口力的计算及设备选择

缩口的变形过程,除了口部,肩部直径和壁厚的改变外,还要经过2次弯曲。在加工和变形过程中,金属材料要产生加工硬化,并受到各种外界条件的影响,因此,缩口力的计算比较复杂。在无芯模缩口模缩口时,缩口力的计算一般采用下列公式:

$$p = K \left[1.1 \pi D t_0 \sigma_b \left(1 - \frac{d}{D} \right) (1 + \mu \cot \alpha) \frac{1}{\cos \alpha} \right]$$

式中: p ——缩口力;

t_0 ——缩口前材料厚度;

D ——缩口前毛坯直径(中径);

d ——工件缩口部分直径;

μ ——毛坯与凹模接触面摩擦系数,一般 μ 为

0.25~0.4;

σ_b ——材料的抗拉强度;

α ——凹模圆锥半锥角;

K ——速度系数,在曲柄压力机上工作时, $K=1.15$ 。

对于该零件, $t_0=0.6\text{ mm}$, $D=19.4\text{ mm}$, $d=11.9\text{ mm}$, $\alpha=30^\circ$, $\mu=0.4$, $\sigma_b=383\text{ MPa}$, $K=1.15$ 。将以上数值代入得:

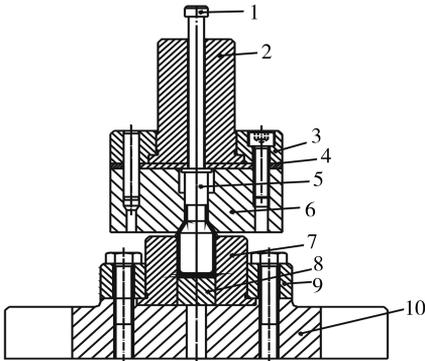
$$p=249\text{ kN}$$

故选用曲柄压力机 J23-40。

3 模具结构及工作过程

3.1 模具结构

根据该零件图,设计壳体缩口模,如图 2 所示。该模具除凹模、推件器外,其余均为通用件,更换模具时,只需更换凹模、推件器即可。这样不仅缩短了制模周期,而且降低了生产成本。



1. 打料杆 2. 模柄 3. 上模板 4. 垫板 5. 推件器 6. 凹模 7. 外支承 8. 垫块 9. 压板 10. 下模板

图 2 壳体缩口模

Fig. 2 Necking mould of the shell body

该模具由上、下模 2 部分组成。上模部分由打料杆 1、模柄 2、上模板 3、垫板 4、推件器 5 和凹模 6 组成,下模部分由外支承 7、垫块 8、压板 9、下模板 10 组成。

3.2 模具工作过程

工作时,将工件开口朝上放置于外支承 7 内。上模部分下行,毛坯进入凹模 6 的内腔,上模部分继续下行,凹模 6 的锥面开始向毛坯壁部施加压力,毛坯壁部在凹模 6、推件器 5 的共同作用下,最终完成

工件的缩口成形。上模部分回程,毛坯在凹模 6 内,通过打料杆 1 推动推件器 5 向下运动,将毛坯从凹模 6 中推出。

4 模具设计

模具设计主要是缩口凹模的设计,缩口凹模如图 3 所示。

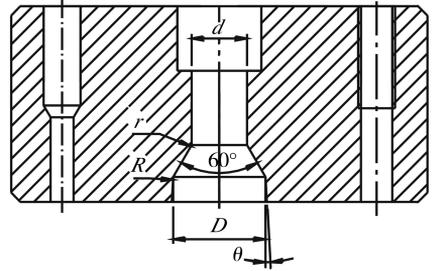


图 3 缩口凹模

Fig. 3 Necking die

4.1 第 3 次缩口凹模工作部分尺寸

计算第 3 次缩口凹模的尺寸,是以壳体产品图尺寸为依据,并考虑壳体退出缩口凹模的回弹量而确定。

4.1.1 回弹量的确定

回弹量的大小主要取决于缩口直径的缩小量,缩口零件的壁厚以及零件的机械性能。当缩口直径的缩小量越大,缩口零件的壁厚越薄,则缩口后的回弹量越大。

计算缩口后的回弹量是困难的,目前尚无精确计算公式,一般采用近似计算公式。缩口后的回弹量 Δd 可采用下列近似计算公式^[3]:

$$\Delta d = \frac{\sigma_b}{E} d$$

式中: σ_b ——材料抗拉强度极限(取中值),对 08F,

$\sigma_b=329\text{ MPa}$ (中值);

E ——零件材料弹性模量, $E=202\text{ GPa}$ (平均值);

d ——缩口后的工件直径。

$$\Delta d=0.02\text{ mm}$$

4.1.2 凹模工作部分 d_1 尺寸

凹模工作部分尺寸 d_1 按照下式计算^[3]:

$$d_1 = d - \Delta - \Delta d$$

式中: d_1 ——凹模工作部分尺寸;

d ——缩口后的工件直径;

Δ ——缩口后工件直径的公差;

Δd ——缩口后的回弹量。

将以上数值代入: $d_1=12.3\text{ mm}$

4.1.3 缩口下起始点圆角半径 R

缩口下起始点圆角半径 R 的确定与缩口部分材料厚度和材料性能有关。如果 R 选择不当,将引起工件缩口部分起皱。该例 R 取 4 mm 。

4.1.4 缩口上起始点圆角半径 r

缩口上起始点圆角半径 r 可略大于缩口下起始点圆角半径 R 。该例 r 取 4.5 mm 。

4.1.5 导入角 θ

为了使每道缩口时,工件能顺利进入凹模,在缩口模口部需设置一个导入角,该导入角与渐变区起始点圆角半径 R 相切,导入角 θ 一般为 $3^\circ\sim 5^\circ$ 。该例导入角 θ 取 3° 。

4.2 第1,2次缩口凹模工作部分尺寸

计算第1,2次缩口凹模工作部分尺寸时,工件的回弹量可以不考虑,口部直径根据各次缩口系数进行计算。

第1次缩口凹模工作部分尺寸 $d=16.8\text{ mm}$

第2次缩口凹模工作部分尺寸 $d_2=13.45\text{ mm}$

4.3 缩口凹模材料的选择

缩口凹模在工作过程中与毛坯产生强烈的摩擦,直径方向受切向和径向应力的联合作用,因此要求模具具有较高的强度和耐磨性。壳体缩口凹模材料选用 Cr12MoV 制造,热处理硬度 $58\sim 62\text{HRC}$ 。工作部分表面粗糙度 R_a 为 $0.4\ \mu\text{m}$ 。

为保证缩口凹模具有较高的使用寿命,缩口凹模可采用硬质合金镶套模具,常用的为双层组合镶套模,为了加强硬质合金模的强度,也采用3层组合镶套模。双层组合镶套模具有结构简单、容易制造,强度较3层组合镶套模差,用于受力不大的缩口模。3层组合镶套模具有结构复杂、强度好,用于受力较大的缩口模。采用硬质合金镶套模具,模具工作部分选用硬质合金 YG8 或 YG6 。外套选用 T10A 或 45 钢制造。

5 生产中出现的问题及解决措施

5.1 口裂与折皱

5.1.1 产生口裂与折皱的原因

1) 缩口前,毛坯端面发生口裂;

2) 毛坯内外表面有严重划伤印痕;

3) 变薄拉伸时,毛坯壁厚差过大;

4) 多次缩口时,模具排气孔堵塞;

5) 缩口前,毛坯内外表面残存润滑剂过多。

5.1.2 解决措施

1) 严格控制缩口前毛坯质量,防止口部发生裂纹的毛坯流入缩口工序;

2) 严格控制变薄拉伸凸模、凹模表面质量,防止变薄拉伸毛坯内外表面发生划伤缺陷;

3) 严格控制变薄拉伸毛坯壁厚差;

4) 多次缩口时,防止模具排气孔堵塞;

5) 缩口前,毛坯内外表面有薄而均匀的润滑剂。

5.2 缩口尺寸超差

5.2.1 产生缩口尺寸超差的原因

1) 变薄拉伸毛坯口部壁厚过厚或过薄;

2) 缩口凹模缩口起始点圆角半径 R 和 r 过大或过小。

3) 缩口凹模工作部分磨损或制造不正确。

5.2.2 解决措施

1) 修改变薄拉伸凸模、凹模,使变薄拉伸毛坯口部壁厚符合要求;

2) 修磨缩口凹模缩口起始点原角半径 R 和 r ,使其符合要求。

3) 更换缩口凹模。

6 结语

采用缩口工艺生产壳体,保证了零件的尺寸精度和一致性,提高了生产效率,降低了生产成本,满足了大批量生产的要求。经过几年的大批量生产,该工艺较成熟。

参考文献:

- [1] 王同海. 管材塑性加工技术[M]. 北京:机械工业出版社,1998:146-176.
- [2] 枪弹弹壳制造编写组. 枪弹弹壳制造[M]. 北京:国防工业出版社,1976:157-178.
- [3] 钱杏轩. 钢质整体引伸药筒的设计与制造[M]. 北京:国防工业出版社,1988, 343-359.