

大口径弹体的一次收口成形

杨大伟, 肖宏, 王殿辉, 吴忠江, 周宇航, 姜秀凤, 汤菊霜, 富冰伟

(国营第一二三厂 金属压力加工厂, 黑龙江 齐齐哈尔 161046)

摘要: 阐述了弹体收口的基本原理及其相关因素, 分析了收口成形时温度控制的重要性, 并对收口前弹体加热温度、加热长度、加热时间、毛坯图的设计、收口成形工装设计加以说明。

关键词: 弹体; 收口; 成形

中图分类号: TG302 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)04-0081-05

One-pass Necking Forming Research of Large Caliber Projectile Shell Body

YANG Da-wei, XIAO Hong, WANG Dian-hui, WU Zhong-jiang,
ZHOU Yu-hang, JIANG Xiu-feng, TANG Ju-shuang, FU Bing-wei
(Metal Press Working Factory, Plant No. 123 of CNGC., Qiqihar 161046, China)

Abstract: The basic principle and the related factors of projectile shell body necking are introduced. The importance of temperature control in necking is analyzed. Heating temperature, heating length, heating time before necking are explained. The design of the blank before necking and necking die is illustrated.

Key words: projectile shell body; necking; forming

收口成形在大口径弹体制造过程中是极为重要的工序之一, 其目的在于将冲压成空心、变壁厚、筒状的毛坯经过外皮粗车后进行收口变形, 以达到弹体头部需要的内膛、外形的曲线形状和尺寸要求。

1 收口成型的基本原理及其相关影响因素

1.1 收口成形

常用的弹体收口方法, 是沿轴向将弹体收口部位金属压入收口模型腔使之成形(如图1所示), 在收口过程中, 口部直径由 D_a 减至 D_d , 弹壁中心面变形角度从 0 逐渐增大, 最终达到 θ 。可用收口系数 k 表示收口的变形程度, $k = D_a / D_d$ 。

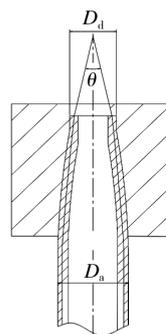


图1 收口成形示意
Fig. 1 Necking forming

弹体弧形部位在收口成形时, 变形区内的金属处于三向压缩应力状态, 即轴向压应力 δ_1 , 径向压

收稿日期: 2012-02-21

作者简介: 杨大伟(1980-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 工程师, 主要从事热冲压、热处理方面的技术工作。

应力 δ_r 和周向压应力 δ_θ 。

要保证收口质量必须考虑与之相关的许多因素,如弹体收口毛坯的尺寸、形状、收口模锥度、毛坯加热温度和润滑条件等。

如果润滑不良、弹体变形区中部壁厚过薄或温度过高,会导致金属向内产生横向环状堆积甚至堆裂。如果弹体加热、润滑不均或是壁厚差过大,就会导致金属向内不规则流动,在弹体内壁形成纵向凸棱。

收口毛坯壁厚越薄,收口变形程度越大,越容易产生收口缺陷。以 155 弹体为例,收口毛坯变形区壁厚最薄处为 6 mm,口部直径由 $\phi 145$ mm 收口后缩减至 $\phi 67$ mm,收口变形长度达到 415 mm。由于壁薄、口部直径小,弧形部位长等特点,大大增加了一次收口难度,为获得适合成形的毛坯形状,必须保证良好的润滑条件、流畅的模腔曲线、加热温度梯度的合理分布。

1.2 收口变形的温度控制

收口前的加热为局部加热,只限于弹体收口变形部位。加热温度、加热部位的长度是影响收口质量的重要因素。

1.2.1 加热温度

收口加热温度是指收口前毛坯在出炉时的温度。此温度确定的原则应保证弹体收口终了温度不低于终锻温度,即 $800\sim 850$ °C,而后毛坯从加热炉运送到收口压力机入模处温度下降,以及毛坯在收口模内温度也要下降,以 155 弹体为例,由于其收口前毛坯外径大、壁薄、变形区域长(与收口模接触面积大),所以毛坯温度下降快。其口部温度规定为 $1\ 050$ °C。

收口毛坯的加热温度梯度应由口部向下均匀递减,使变形较大的上口部塑性更好,同时使变形较小的下部具有一定强度,以满足收口后毛坯内外的弧形要求。如果温度梯度不合理,将出现下部墩粗、口部内径胀大等缺陷。由此在感应加热时感应线圈的排布应该由密到疏,保证温度梯度向下递减。在合理的加热范围内,如果温度高时,收口变形时金属向内流动量增大,以至造成药室弧形局部尺寸变小或毛坯长度缩短,口部内径变小;温度低时,情况则相反。由此可以通过改变感应线圈布置的疏密,控制收口后毛坯的药室直径、长短和口部内径大小进行

相应的调整。

1.2.2 加热长度

加热长度是指达到规定加热温度的长度。通常加热长度比收口变形长度短,因为在加热长度附近有一段加热过渡区,它的温度较加热长度略低,约为 750 °C,加热长度加上过渡区的长度等于或略长于收口变形长度,可满足收口变形要求。

1.2.3 加热时间

在保证达到规定的温度和加热均匀的前提下,应力求缩短加热时间。

采用同一方式加热的不同弹体的加热时间与相对壁厚成反比。

2 收口毛坯的设计

2.1 收口毛坯的概念

首先由弹体产品图确定收口后的毛坯图,再由收口后的毛坯图确定收口前的毛坯图。

收口后的毛坯形状与弹体成品图的形状相似。一般收口后的药室不再机加工,但大口径弹体收口变形区长,内膛尺寸一般由 $5\sim 6$ 把直径卡钳控制,在收口调整中必须保证下部弧形的几何尺寸,允许距口部 200 mm 以内的药室直径略小于下限尺寸,该部分为后续镗修内弧形的加工余量。由于镗修内弧形的加工效率低,因此镗修量不宜太大。弹体收口后弹头的外表面、端面和弹头的螺纹部位尺寸要考虑一定的加工余量。加工余量根据经验确定,由于收口后弧形口部可能产生歪斜变形,因此口部直径方向的余量应较大。如 155 榴弹口部单面余量为 4 mm,外弧形由口部向下逐渐减小,最小处余量为 2.5 mm;152 底排弹口部单面余量为 5 mm,弧形处最小余量为 3 mm。药室长度余量一般在 5 mm 以上。

各部分的余量确定后,可用计算机绘图方法确定合适的弧形半径 R 及该弧形圆心坐标。确定的原则应保证全部弧形在直径方向上有足够的加工余量,弧形半径 R 尽量取大。

收口前的药室为拉深成形,药室上部形状一般为锥形,如图 2 所示。

其中 d_1, D_1 在收口前后不变, d_1 为成品尺寸, D_1 由机械加工达到成品尺寸要求,而 D, d 则根据

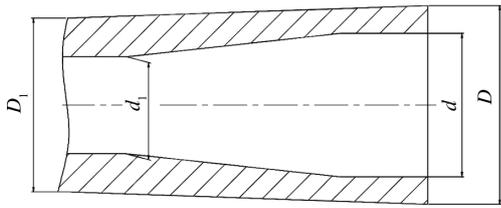


图2 收口前的药室

Fig. 2 Cartridge chamber before necking

收口前后的毛坯形状确定。由于收口变形区域越向上口部直径缩减量越大,其壁厚增加也越大,这就要求收口前弹体头部壁厚比不变形部位要薄,而且越接近口部越薄。对此可用扩大药室口部直径 d 或增加对收口前弹体头部外形的切削量来减小 D 。为了减少加工余量,减轻机械加工负担,同时降低材料消耗,应适当加大 d 值。由于 d 值过大在拉深时易产生拉断或形成细腰,在收口过程中毛坯也容易被镦粗,所以确定 d 值的原则应是在不使拉深和收口困难的前提下,尽量取最大值。在 155 榴弹弹体的设计中,为保证定心带部位尺寸,弹体外圆较大,因此药室内锥度采用 8° ,以减少余量,但当毛坯壁厚缩减至一定程度时,还要满足拉深时的强度要求,所以药室上部采用圆柱体。这样一方面保证最小壁厚,另一方面为机械加工外表面提供可靠的夹紧位置。

当弹体毛坯内形尺寸确定后,根据收口毛坯尺寸和收口前内弧形尺寸,即可计算出收口前变形部位的外径。确定收口前弹体头部外径常用等面积法。等面积法是根据收口前后毛坯相应截面上面积相等的原则,忽略收口后高度变化,确定收口毛坯外形。由于收口后弹体变形部位尺寸和收口前弹体内径均是已知,因而可求出收口前弹体头部外径,计算公式如下^[1]:

$$\frac{\pi}{4}(D_n^2 - d_n^2) = \frac{\pi}{4}(D_m^2 - d_m^2)$$

式中: D_n, d_n 为收口后弹头部距外弧形起点 H_x 截面上的外径和内径; D_m, d_m 为收口前弹体头部相应截面上的外径和内径。

虽然收口变形前后,同一截面视为不变,但对于变形区域较长的弹体收口,金属沿轴向有所增加,在收口后口部截面最为明显。在确定弹体收口前毛坯口部外形直径时,要考虑收口后口部毛坯截面积比

收口前毛坯相对应的截面积略有减小。152 mm 和 155 mm 系列大口径弹体一般减小到原来的 50%~70%,原则上变形区域越长,收口后口部外径越小,取值就越大,其计算公式如下:

$$\frac{\pi}{4}(D_n^2 - d_n^2) = (0.5 \sim 0.7) \left[\frac{\pi}{4}(D_m^2 - d_m^2) \right]$$

根据以上公式在弹体变形部位,每隔一定距离取一截面求出其相应的 D_m 值,间距越小外形越精确,然后连接各计算点,即可得出收口前弹体变形区的整体外形。

2.2 155 榴弹收口毛坯的设计

2.2.1 确定毛坯余量

在收口毛坯的设计过程中使用计算机绘图软件,当毛坯图确定后许多数据可以直接得出,利用计算机辅助设计取值准确,大大提高了工作效率。

根据 155 榴弹弹体产品图和收口后弹体机械加工要求,确定合理的加工余量。

外径余量:圆柱部位单面余量为 0.6 mm;锥体部位单面余量为 2.5 mm;弧形与锥体接点处单面余量为 2.5 mm,向上逐渐增大,到口部达到 3.8 mm;弧形部位的 R 较产品图增加 4 mm,取 R 为 5 620.58 mm。

内径余量:口部螺纹处单面余量为 5 mm;螺纹下部 $\phi 52$ mm 处单面余量不小于 2 mm;内弧形长度为 320 mm。内弧形部位 R 及圆点坐标与产品图相同。

各部位余量确定后,利用计算机绘制出收口后毛坯图。其中外弧形可用两点半径画出。

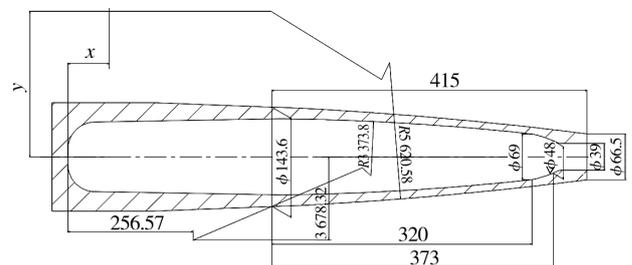


图3 收口后毛坯

Fig. 3 Blank after necking

2.2.2 确定外弧圆心坐标

毛坯图在计算机绘制后,可直接查得外弧 R 圆

心的坐标 $x=33.63$, $y=5\,542.125$, 也可用相应的公式计算出 x, y 值。

2.2.3 确定收口前毛坯的内形尺寸

收口前毛坯的不变形部位与产品图相同, 变形部位应考虑减小金属余量, 保证拉深合理的壁厚, 并为粗车提供可靠的夹紧位置, 确定后的变形部位内腔尺寸如图 4 所示。

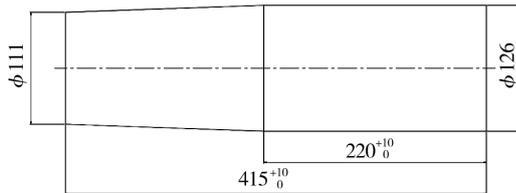


图 4 变形部位内腔

Fig. 4 The interior of deformation location

2.2.4 计算收口前毛坯各点外径

在图 3 中从变形起点开始每 25 mm 取一截面, 一共取了 17 个截面。收口前毛坯各截面上的内外直径和变形部位收口前相应内径, 可以在计算机上得出。也可利用圆弧半径和坐标位置通过计算求出所需的 D_n, d_n 和 d_m 。当 D_n, d_n 和 d_m 已知后, 计算出收口前 D_m 。

$$\text{公式: } \frac{\pi}{4}(D_n^2 - d_n^2) = \frac{\pi}{4}(D_m^2 - d_m^2)$$

$$D_m = \sqrt{D_n^2 - d_n^2 + d_m^2}$$

$D_{m_1} = 142.4 \text{ mm}, D_{m_2} = 142.18 \text{ mm}, D_{m_3} = 141.9 \text{ mm}, D_{m_4} = 141.93 \text{ mm}, D_{m_5} = 141.7 \text{ mm}, D_{m_6} = 141.78 \text{ mm}, D_{m_7} = 141.96 \text{ mm}, D_{m_8} = 142.8 \text{ mm}, D_{m_9} = 142.2 \text{ mm}, D_{m_{10}} = 141.09 \text{ mm}, D_{m_{11}} = 140.04 \text{ mm}, D_{m_{12}} = 139 \text{ mm}, D_{m_{13}} = 137.6 \text{ mm}, D_{m_{14}} = 138.6 \text{ mm}$

$D_{m_{15}}, D_{m_{16}}, D_{m_{17}}$ 由 $\frac{\pi}{4}(D_n^2 - d_n^2) = \frac{\pi}{4}(0.5 \sim 0.7)(D_m^2 - d_m^2)$ 计算, 得到 $D_{m_{15}} = 145.592 \text{ mm}, D_{m_{16}} = 140.5 \text{ mm}, D_{m_{17}} = 137.37 \text{ mm}$

连接以上各点即可绘制出收口前毛坯外形, 用斜线段连接, 得收口前毛坯的外形尺寸如图 5 所示。

3 收口工装的设计

弹体收口常用的方法有 2 种: 在压力机上轴向

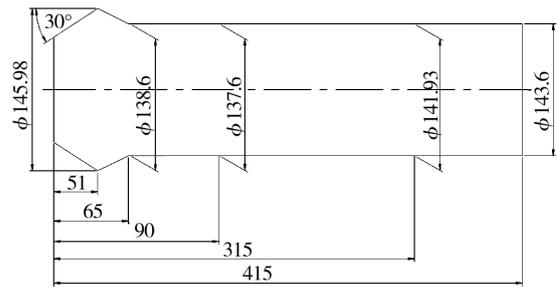


图 5 收口前毛坯的外形尺寸

Fig. 5 Outline dimension of the blank before necking

收口; 在锻造上径向收口。目前国营一二三厂采用的是轴向弹体朝上的收口方法, 实践证明能够满足大口径弹体的收口要求, 工艺效果较好。这种收口方法是弹体口部向上, 弹体不动, 上模向下移动。上模安装在压力机的滑块上, 内腔是弧形, 对弹体产生收口作用力。下模安装在压力机的工作台上, 由外套和弹簧夹瓣构成, 弹簧夹瓣在外套内对弹体起支撑和定位作用。上下模靠配合的定位圆柱面使其相互对准中心。当上模下压刚接触弹体时, 弹体同时向下压弹簧夹瓣, 弹簧夹瓣收缩将弹体夹紧定位。上模继续下压, 弹体收口变形, 当压机行程达到终点时, 完成收口变形。在上模回程向上时, 固定在机头上的拉杆把下横梁提起, 同时将退料顶杆托起, 将弹体从下模内顶出。

某厂 500 t 水压机收口弹体的模具如图 6 所

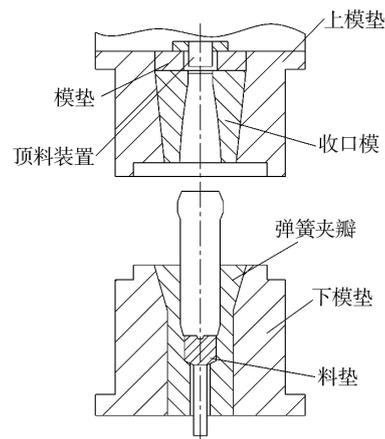


图 6 500 t 水压机收口弹体的模具结构

Fig. 6 Necking mould structure for projectile shell body on 500 t hydraulic press

示, 件 1, 6 起到对收口模定心的作用, 件 3, 4 对弹体

起定心作用,从而保证了上下模的同心度,避免了弹体收口后口部歪斜现象。上模套内壁的螺纹槽内通水对收口模起冷却作用,可提高收口模的使用寿命。使用新制的收口模时,收口成形后弹体常与收口模结合较紧,因此可用水压机小缸带动顶料杆退料。当收口模使用一定阶段后,内壁形成十分光滑的表面,弹体在收口后可靠自重从模内脱落。

收口方式确定后,弹体收口的模具结构形式一般不变。设计收口模需先确定收口后的毛坯尺寸,收口模弧形 R 与收口后毛坯基本相同。即在收口后毛坯外形不变的基础上,要考虑其尺寸是产品收缩后的尺寸。收口模的内部弧形尺寸较产品尺寸要大,其增加量大致为直径方向尺寸乘以相应的热胀系数。根据收口后毛坯的弧形部位长度,确定合理的收口模长度。由于考虑收口加工时弹体的收口长度的调整量,用以调节弹体内弧形的直径尺寸,因此在收口弹体的不变形部位设置一道内卡钳用以保证收口不超出所要求的范围。

4 收口后常见问题的产生原因及控制方法

正常生产中,收口后毛坯体短的产生原因有2个:收口前弹体口部温度过高;收口润滑效果不好。其控制方法有:降低口部加热温度,如果采用感应线圈加热,可以减少弹体口部加热的线圈匝数;收口前毛坯抹水基石墨并在收口模内涂油基石墨。

4.1 收口后偏口

收口后偏口的原因是口部加热不均;润滑剂涂抹不均;收口前坯料口部壁厚差过大。

控制方法如下所述。

1) 针对感应加热装置而言弹体口部加热不均,是由于弹体在线圈内倾斜,一方面是加热夹具不能对加热弹体有效夹紧定位,另一方面是加热线圈自身倾斜,所以应该根据具体情况进行调整。

2) 确保弹体和收口模内均匀涂抹润滑剂。

3) 收口前坯料口部壁厚差过大,一般是由弹体拉深时产生的。当弹体拔伸后出现偏口或拉深退料时口部变形,在粗车齐口时不能完全去除掉,导致粗车后口部壁厚不均。由此应保证拉深毛坯长度,使其口部偏口或变形可在粗车切口部余料时被去除。

4.2 收口后毛坯内壁筋棱

原因:弹体倾斜,收口过程中受力不均,变形时倾斜低面弹壁金属受正向挤压力作用向内流动形成内壁筋棱;弹体与感应加热线圈不同心,从而使弹体加热不均。

控制方法如下所述。

1) 料垫上端面有异物应予以清除,保证料垫与收口模水平。如测量收口夹瓣内孔过大,夹瓣不能发挥有效的夹紧作用,应将其更换。

2) 调整加热炉使加热炉和弹体轴心相一致。

4.3 收口后毛坯口部内径不规则,口部壁厚不一致

原因:弹体拉深后内膛椭圆度较大;粗车时夹具夹紧力过大。

控制方法如下所述。

1) 弹体热态拔伸后采用缓冷设备,使弹体在滚动中缓慢均匀冷却,这种方法可减小弹体内膛椭圆度 0.5 mm 左右;

2) 在粗车能够保证弹体夹紧的情况下减小夹紧力,避免由于夹紧力过大使弹体口部变形,口部壁厚不一致。

5 结语

通过对弹体收口多次加热试验结果和分析,总结出对弹体收口加热时间长短、加热长度、加热温度做出相应的调整,就可以生产出符合要求的弹体,从而节省弹体的废品率,充分利用资源。通过多次对弹体进行毛坯精化,从而改进了工装和毛坯图,大大节约了原材料,降低了成本,减少了不必要的浪费。

参考文献:

- [1] 王彬良,李继敏.弹体热冲压技术[M].北京:国防工业出版社,2002:24-32.
- [2] 张鼎承.冲模具设计手册[M].北京:机械工业出版社,1998:32-56.
- [3] 柳谋渊.金属压力加工工艺学[M].北京:冶金工业出版社,2004:16-36.