

大口径、空心零件成形工艺

段建霞, 王丽俊, 兰志强

(晋西工业集团有限公司, 太原 030027)

摘要: **目的** 降低原材料的消耗, 节约毛坯生产成本。**方法** 改变成形方法, 由原先的棒料锻造改为管料冲压成形, 通过合理分配工序变形量, 在小端收口的同时进行大端扩孔, 经两次收口+一次扩口后冲压成形。**结果** 不仅减少了原材料的消耗, 而且减少了切屑工时。**结论** 成功开创了大口径管材大扩孔量的先河, 为今后成形更大直径的相似零件提供了强有力的技术支持; 同时采用了环形退料装置, 优化了传统退料装置, 消除了安全隐患, 实现了半自动化卸料, 可以同时满足大、中、小口径产品的退料要求, 具有很好的推广和借鉴价值。

关键词: 棒料锻造; 管料收口; 扩口; 退料装置

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2017.04.012

中图分类号: TG306 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2017)04-0069-03

Forming Technology of Large Caliber and Cavity Parts

DUAN Jian-xia, WANG Li-jun, LAN Zhi-qiang

(Jinxi Industry Group Co., Ltd., Taiyuan 030027, China)

ABSTRACT: The paper aims to reduce consumption of raw materials and save cost of workblank production. The forming method was changed from original bar stock forging to pipe stock pressing shaping by rationally distributing amount of deformation in working procedures, necking the small end and expanding the large end in the mean time to press and shape through two times of necking and one time of expanding. This process not only reduced the consumption of raw materials, but also shorten the working hours. It is a successful pioneer in large expansion end size of large caliber tubing and provides powerful technical support for shaping similar large diameter parts in the future. Meanwhile, it adopts the annular rejected material device, optimizes traditional rejected device, eliminates hidden safety risks, and realizes semiautomatic unloading. It meets rejecting requirements of large, medium and small caliber product and has fine value on popularizing and using for reference.

KEY WORDS: bar stock forging; tube necking; expanding; rejecting device

随着时代的发展, 为了适应激烈的市场竞争, 所需要制造生产的零件也越来越大, 几乎颠覆了所熟悉领域的传统制造工艺, 新的挑战迫使我们去寻求新的工艺方法, 来解决所面临的技术难题, 大口径壳体的成形问题就急需解决。大口径壳体(见图1), 壁最薄处只有1.5 mm, 外径最大处为 $\Phi 477$ mm, 其直径较大, 没有先例可借鉴, 现生产的小口径壳

体与大口径壳体实物对比见图2。初期采用了棒料锻造成形的方案, 该方案接近自由锻, 材料利用率极低, 对于D6AE这种昂贵的材料, 原材料消耗非常大, 成本非常高。本着降低原材料消耗, 节约毛坯生产成本的目的, 文中基于理论基础, 通过分析计算, 提出了将棒料锻造的工艺改为管料冲压成形工艺的新思路。

收稿日期: 2017-05-14

作者简介: 段建霞(1979—), 女, 高级工程师, 主要研究方向为锻造与冲压。

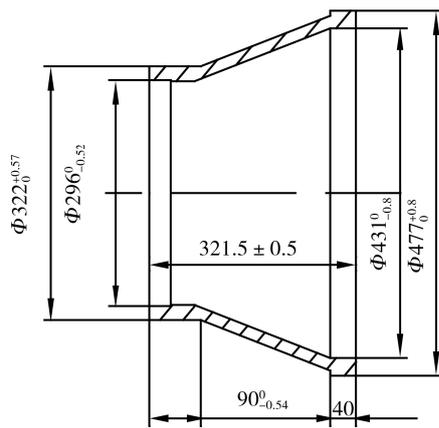


图1 大口径壳体

Fig.1 Large caliber housing



图2 小口径壳体与大口径壳体实物对比

Fig.2 Small caliber housing and large caliber housing

1 方案论证

在成形方法上,可采取以下3种方法:①采用棒料锻造成形,该方法材料利用率低;②挤压成形,该方法可部分提高材料利用率,但需要的设备吨位大,零件无底,挤压成形的底不可能太薄,也造成材料的浪费;③采用管料热收口、扩口成形,既可最大限度地节约材料,节省工时,使用的设备吨位又小。综合对比,决定采用第3种方案。

2 工艺试验

由于壳体直径较大,且没有先例可借鉴,根据产品图纸特点选取了规格为 $\Phi 402 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$ 的D6AE管料,制定了收口+扩口的成形方案,即在小端收口的同时进行大端扩孔成形毛坯(见图3)。

2.1 收口次数及收口变形量分布的确定

当收口前后毛坯的直径相差较大,且收口变形较长时,收口材料的变形将非常剧烈,变形力也将相当大^[1]。在这种情况下毛坯的下部易发生镦粗现象,而且容易造成身短,使产品报废,因而必须把收口工作

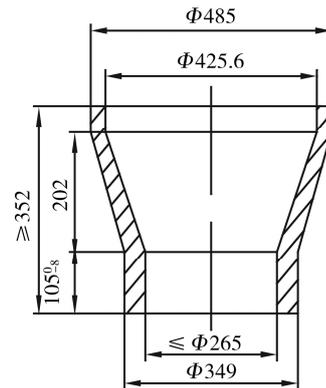


图3 大口径壳体毛坯

Fig.3 Blank of large caliber housing

分成2次完成。对于第1次收口的口部直径(外径)变形量,一般取口部直径变形总量的60%~70%左右较合适^[1]。

毛坯的总变形量为53 mm(即: $\Phi 402 - \Phi 349 = 53 \text{ mm}$),第1次收口的变形量选取范围为: $(402 - 349) \times (60\% \sim 70\%) = 31.8 \sim 37.1 \text{ mm}$,综合考虑最后第1次收口的变形量选取为32 mm,即小头直径第1次由 $\Phi 402 \text{ mm}$ 收成 $\Phi 370 \text{ mm}$ 。小头直径第2次由 $\Phi 370 \text{ mm}$ 收成 $\Phi 349 \text{ mm}$ 。

2.2 收口力的计算及收口设备的选定

影响收口力的因素比较复杂,所以计算收口力的公式也是比较复杂的。在收口过程中,毛坯的壁厚是变化的,故只要知道收口行程末端的压力即可。按照纳岱博士的理论,假定壁厚不变,屈服强度不变,摩擦因数不变,其行程末端的收口力计算公式为^[2]:

$$p = 6.28tL \cos A (\tan \theta + \tan A)$$

式中: $A_1 = 11.5^\circ$, $A_2 = 18^\circ$,为锥形半角; $\tan \theta_1 = 0.4$, $\tan \theta_2 = 0.4$,为摩擦因数; $\sigma_1 = 14.8 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = 14.8 \text{ MPa}$,为屈服强度; $L_1 = 344 \text{ mm}$, $L_2 = 307 \text{ mm}$,为锥形长度; $t_1 = 38 \text{ mm}$, $t_2 = 43 \text{ mm}$,为收口区壁厚。故 $p_1 \approx 1450 \text{ kN}$, $p_2 \approx 8160 \text{ kN}$ 。

扩口力计算公式为:

$$Q = \pi \sigma \tau (D + d) / 2$$

式中: $D_1 = 458 \text{ mm}$, $D_2 = 483.5 \text{ mm}$,为外径; $d_1 = 395 \text{ mm}$, $d_2 = 425.6 \text{ mm}$,为内径; $\tau_1 = 36 \text{ mm}$, $\tau_2 = 28.95 \text{ mm}$,为壁厚; $\sigma_1 = 7.7 \text{ MPa}$, $\sigma_2 = 7.7 \text{ MPa}$,为屈服强度。故 $Q_1 \approx 7425 \text{ kN}$; $Q_2 \approx 6363 \text{ kN}$ 。

综合扩口和收口力,最大为8160 kN,所以选取1000 t油压机。

2.3 工艺路线的确定

根据计算分析确定工艺路线最终确定为:管料下料→一次加热→一次热收口→二次加热→二次热收口。

2.4 工装设计

按毛坯图考虑热胀系数后设计了冲头、模子及配套其他辅助零部件。工装基本设计完成后，一个新的问題产生了，即借助冲头内撑扩口包冲头的风险就增加，卸料问題成了成形的关键。最后设计出环形卸料圈，以此来保证成形的可行性。最后设计的工装图见图4。毛坯为D6AE，选取传统润滑剂，即机油与石墨以2:1的配比混合而成^[3]。

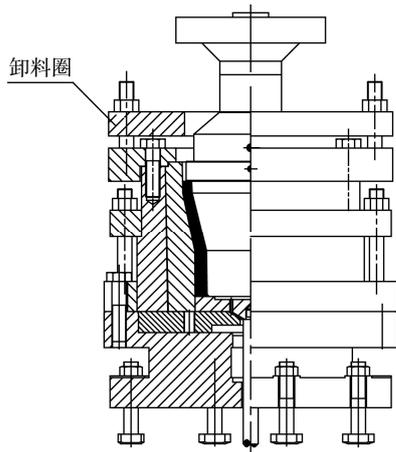


图4 大口径后段成形工装
Fig.4 Tooling for forming of large caliber back end

2.5 试制中主要解决的问题

工艺设计-工件变形量。对于口径从122 mm到300 mm，壁厚从12 mm到24 mm的管料成形，已有较成熟的经验，但对于口径为 $\Phi 402$ mm，壁厚为36 mm的管料需扩径到 $\Phi 485$ mm无任何经验，也无资料可参考。文中将变形量通过2次合理分配，使第1次与第2次变形较好衔接。

工装设计-工件退料。该大口径厚壁管材的大扩孔量（即从 $\Phi 402$ mm扩孔到 $\Phi 485$ mm）成形在工厂尚属首次，大端的扩孔成形必须借助冲头的内撑，冲头的存在就增加包冲头的风险。

传统的退料方法采用插板（见图5），即将插板的一端（有螺纹的一端）固定在模具上，工件成形后，操作人员握住手柄将另一端（敞口端）也固定在螺杆上进行人工退料。这种退料插板仅能满足小口径产品的退料要求，而且存在以下缺点：① 退料力小，仅靠2个螺栓固定；② 当退料插板变形不平时，毛坯口部受力不均匀，容易形成的人为“马蹄”，造成长度方向材料不必要的浪费；③ 在受力较大的情况，有可能崩断固定的螺栓（只有2个螺栓受力），造成安全隐患的同时，又不能卸料，使工件包冲头，报废；④ 随着毛坯尺寸的增加，插板也越来越大，越来越重，人工都根本无法完成其运动功能。由此可见，插板卸料仅能满足口径较小产品的卸料要求。

对于口径较大产品需要找到一种安全、有效可行的卸料方法。通过分析成形产品的特点，并避免传统插板卸料产生的缺陷，设计了新型的卸料装置见图6。该装置的优点如下：① 解决了安全问题，退料时人员不需操作退料装置，即使退料工装出现异常也不会威胁到操作人员；② 退料板可以做得较厚，不易变形，不会产生“马蹄”，减少了人为的浪费；③ 实现了半自动化卸料，操作人员只需将卸料板固定即可；④ 满足于大、中、小口径产品，满足退料力大、中、小的退料要求。

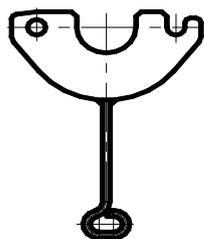


图5 传统退料插板
Fig.5 Traditional rejected stock plate

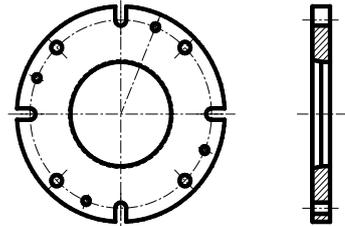


图6 新型卸料圈
Fig.6 New unloading ring

3 经济性分析

该壳体采用规格为 $\Phi 400$ mm的D6AE棒料锻造成形，下料重量大，造成原材料极大浪费。文中工艺采用规格为 $\Phi 402$ mm \times 36 mm的D6AE管料热收口，不仅减少了原材料的消耗，而且减少切屑的工时。

4 结论

1) 该喷管后段成形时所采用的退料方法可应用于不论口径大小的相似零件成形的卸料，具有很好的推广和借鉴价值。

2) 该喷管后段成形开创了晋西工业集团晋机公司大口径管材的大扩孔量的先河，为今后成形更大直径的相似零件提供了强有力的技术支持。

参考文献：

- [1] 《板金冲压工艺手册》编委会. 板金冲压工艺手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 1989.
Sheet Metal Processing Manual Editorial Board. Sheet Metal Processing Technical Manual[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1989.
- [2] 王彬良. 弹体热冲压技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1987.
WANG Bin-liang. Rocket Body Hot Forming Technique[M]. Beijing: National Defense Press, 1987.
- [3] 谢懿. 实用锻压技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
XIE Yi. Practical Forging and Pressing Technical Manual [M]. Beijing: Mechanism Industry Press, 2003.