

深锥形壳体温挤压成形工艺与模具

王长林¹, 陈俊之¹, 赵志翔², 万宝文¹, 刘汉雄¹

(1. 西安东方集团有限公司, 西安 710043; 2. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039)

摘要: 针对某铝合金深锥形壳体的温挤压成形过程, 用有限元数值模拟软件进行了模拟, 分析了成形工艺及模具设计。提出了消除产品壁厚差较大、孔口高低不平现象的措施。

关键词: 铝合金; 深锥形壳体; 温挤压成形; 有限元; 工艺参数; 数值模拟; 模具设计

中图分类号: TG376 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2010)05-0057-04

Warm Extrusion Technology and Die of Deep Tapered Shell

WANG Chang-lin¹, CHEN Jun-zhi¹, ZHAO Zhi-xiang², WAN Bao-wen¹, LIU Han-xiong¹

(1. Technology section, Xi'an Dongfang Group Co. Ltd., Xi'an 710043, China;

2. No. 59 Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China)

Abstract: Warm extrusion was simulated by finite element software for an aluminium alloy deep tapered shell. The forming technology and die design were analysed. Measures were put forward to the problems of larger wall thickness difference and ragged orifice.

Key words: aluminium alloy; deep tapered shell; warm extrusion; finite element; technology parameter; numerical simulation; die design

某产品中的深锥形壳体如图1所示, 材料为高强度铝合金 2A12, 主要成分(质量分数)为: 铜 3.9%~4.8%, 镁 1.2%~1.6%, 锰 0.3%~0.9%, 其余为铝。这种材料可以进行热处理强化, 有较高的强度和耐热性, 塑性较差。该类深锥形零件应用较多, 以前均采用棒料机械加工, 费工费料, 生产效率低。采用温挤压方法生产, 既易于成形, 获得较好的强度, 又能节省材料, 提高生产效率。

1 成形过程数值模拟

温挤压成形模型如图2所示, 温挤压毛坯如图3所示, 成形温度为 350~380℃, 模具温度为 150℃,

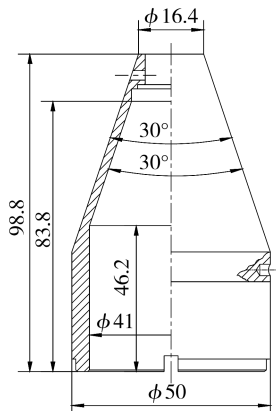


图1 深锥形壳体产品

Fig.1 Deep tapered shell

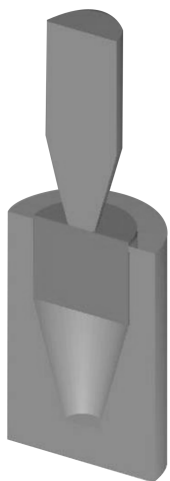


图2 温挤压成形模型

Fig. 2 Model of warm extrusion

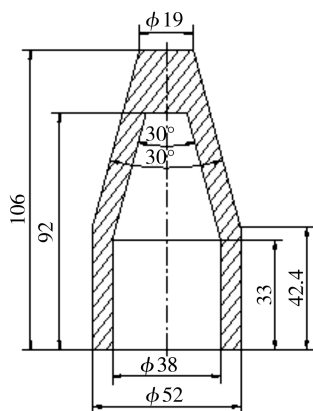


图3 挤压毛坯

Fig. 3 Extrusion blank

有效模拟步数为169,模拟步长为0.5 mm,网格数为20 000。采用毛坯直径与零件筒部外径相同,毛坯尺寸为 $\phi 52\text{ mm} \times 45\text{ mm}$,体积为 $95\,518.8\text{ mm}^3$ 。

金属流动过程如图4所示。

成形过程中的等效应力和等效应变分别如图5和图6所示。

成形过程中的载荷变化如图7所示,最大载荷约1 530 kN。

2A12 高温流变应力参考文献[2]试验结果,如图8所示。

通过用 Deform 软件对该挤压件的成形过程模拟,可以知道该挤压件能够挤压成形,不出现开裂、折叠等缺陷。该零件变形程度很大,达到87%,且挤压过程中会产生大量的新生带表面和粘模现象,

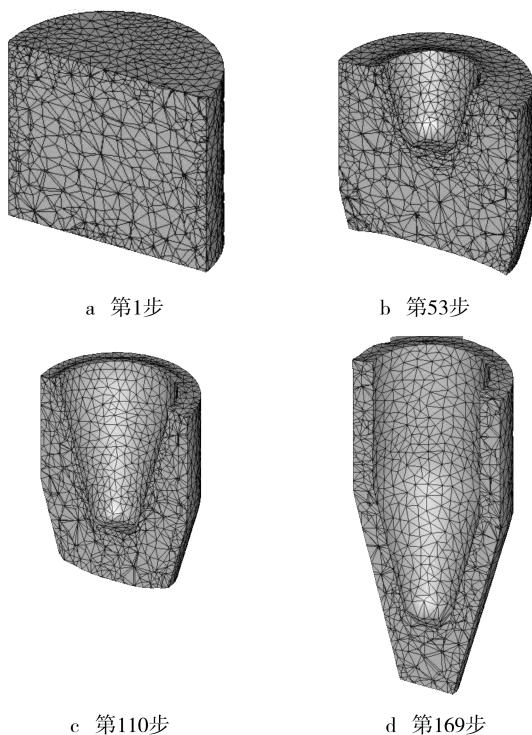


图4 金属流动过程模拟

Fig. 4 Metal flow simulation

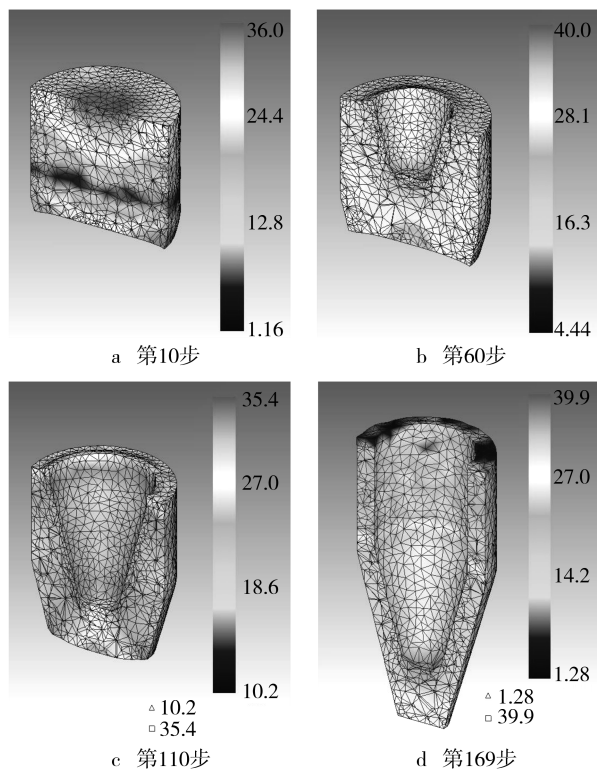


图5 成形过程中的等效应力

Fig. 5 Effective stress in forming process

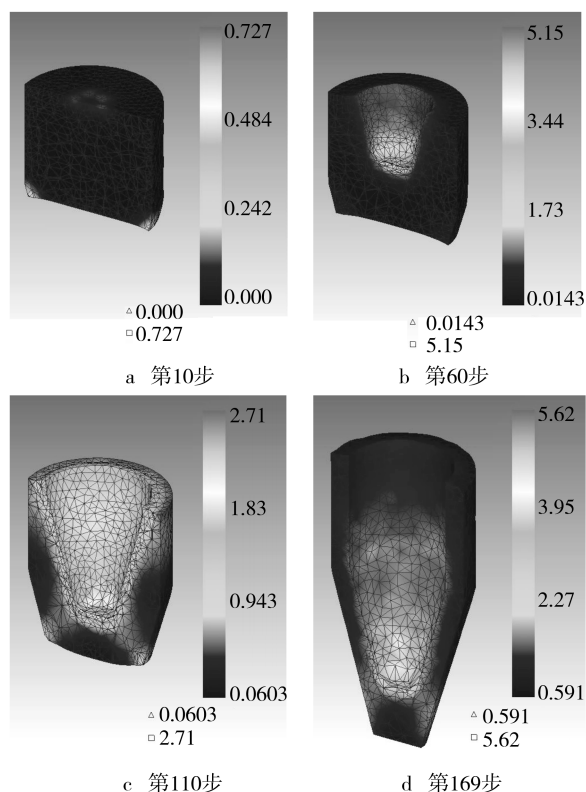


图6 成形过程中的等效应变

Fig. 6 Effective strain in forming process

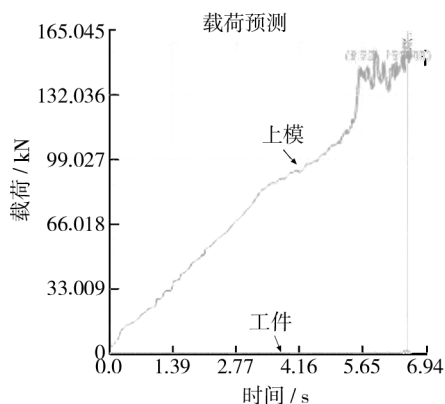


图7 成形载荷曲线

Fig. 7 Load curve

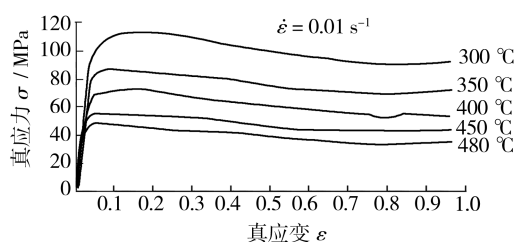


图8 2A12 高温流变应力

Fig. 8 Stress-strain curve of 2A12

在挤压过程中凸模头部受力较大。

2 模具设计

挤压过程中会产生粘模,挤压件和凸模之间接触传热,挤压件降温收缩,冷凸模升温膨胀,如挤压结束的瞬间不能立即脱模,凸模和挤压件之间的过盈量增大,挤压件抱死凸模。为使脱模容易,所设计的模具如图9所示。

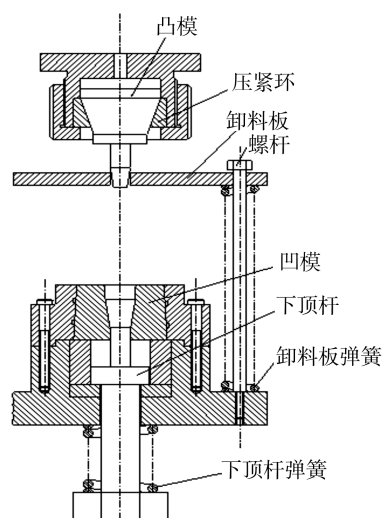


图9 温挤压模具结构

Fig. 9 Die structure of warm extrusion

设计了一种机械手自动上料自动脱模装置。该装置迫使零件在挤压结束瞬间脱离凸模,凸模和零件的接触时间较短,避免了凸模热疲劳失效,提高使用寿命,能随着凸模上下移动,解决了脱模和限位的关系。在顶出杆上加一个弹簧,使顶出杆回程通畅,实现自动装模。

良好均衡的模具温度能有效的提高模具的使用寿命。在挤压过程中,由于挤压件不仅带来本身具有的热量,挤压能也转换成热能,使模具温度越来越高,影响到模具寿命。为此设计了冷却循环水道。

模具工作过程是:模具处于开启阶段时,压机滑块处于上死点,当感应加热装置将坯料加热到挤压温度后,机械手将出炉的挤压坯料抓住自动旋转并从弹性卸料板与凹模之间的空挡伸进到模具位置,将坯料放入模具,机械手缩回,压机在接到控制柜工作指令后,滑块快速下行,以 200 mm/min 的工作速度挤压。当上模台阶压着卸料板使卸料板的下表

面与凹模的上表面接触时,挤压深度到位,此时滑块上行,凸模与卸料板一块上行,下顶杆也随之顶出。卸料板上行到螺杆顶端后停止,凸模继续上行,挤压件在碰到卸料板后脱模自动落下,同时下顶杆自动退回,完成一个压制循环。

3 挤压件成形质量问题的分析与解决方法

在成形过程中出现了孔口高低不平和壁厚不均匀,其原因主要有:坯料两端不平;坯料加热不均匀;挤压坯料与凹模孔径的间隙不均匀,坯料定位不准;凸模与凹模中心不同心;挤压时如凸模受挤压件不均匀变形的影响,且凹模对凸模无导向作用,凸模产生横向弯曲弹性变形,下端偏移。对于上述问题,主要采取了以下几个方面的措施。

1) 设计了一个导向套,内孔与凸模滑配合,外径与凹模滑配合,保证了模具制造和装模过程中凸、凹模同心。

2) 机械手自动送料进入凹模,加热坯料与凹模内孔的间隙,除要满足机械手自动装模需要(太小不能自动装模)又要满足坯料在凹模内不致间隙过大,产生歪斜。

3) 挤压成形后,孔口有时一边高,一边低,严重时高度差达到 10~15 mm,坯料的尺寸精度、形状精度、定位精度对挤压件的尺寸、形状精度的影响非常大。由于棒料尺寸公差直接影响挤压成形的尺寸精度、形位公差,对此采取的措施是坯料采用自动机切断倒角,车外径的工艺,从工艺上保证了毛坯外径的一致性和两端的平行度,同时结合凹模锥度型腔,对坯料加工与凹模孔一致的角度 $5 \times 30^\circ$,利用锥度

能自动找正。

4) 毛坯采取中频感应加热装置,用单排连接自动环绕感应加热技术加热,加热时间、加热温度都能有效控制,确保坯料加热均匀,避免由于坯料加热不均匀造成挤压件壁厚不一致和孔口高低不平。

5) 凸模过细过长也易引起挤压件壁厚差大,孔口高低不平。对凸模挤压工作部分以外的部分加大直径,提高强度和刚度;对凸模后端采用大锥度压紧环进行锁紧,使凸模与垫板接触面积增大,提高凸模的稳定性。工作部分以外台阶面(直径 $\phi 70$ mm)对卸料板推压,有效地缩短了凸模的工作部分长度。

由于采取了上述及时有效的措施,因此在挤压生产过程中基本上消除了壁厚差较大,孔口高低不平的现象。

4 结语

通过对深锥形壳体数值模拟,验证了一次温挤压成形的可行性。设计了温挤压模具,分析了成形过程中出现的孔口高低不平和壁厚不均的原因,提出了解决脱模困难的措施。该工艺及模具通过生产实践证明,挤压的零件成形好,孔口端面平齐,壁厚基本均匀,挤压件力学性能大于棒料机加工工艺,产品无裂纹,材料消耗降低 50%,质量稳定,生产效率高,适合大批量生产。

参考文献:

[1] 林立杰,柳瑞清. 热压缩铝合金 LY12 流变应力的影响因素分析[J]. 南方冶金学院学报,2000,21(4):282—285.

(上接第 23 页)

- [3] CHOI Y, HEO Y, KIM H Y, et al. Investigations of Weld-line Movements for the Deep Drawing Process of Tailor Welded Blanks[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 108(1): 1—7.
- [4] KINSEY B, LIU Z H, CAO J. New Apparatus and Method for Forming Tailor Welded Blanks[J]. SAE, 1999, 108(5): 653—660.
- [5] AHMETOGLU M A, BROUWERS D, SHULKIN L, et al. Deep Drawing of Round Cups from Tailor-welded

Blanks[J]. Journal of Materials Processing Technology, 1995, 53(3/4): 684—694.

- [6] 刘建祥,陈炜,吕盾,等. 应用变压边力控制技术改善拼焊板的成形性能[J]. 模具工业, 2007, 33(8): 20—24.
- [7] HE S J, WU X, HU S J. Formability Enhancement for Tailor-welded Blanks Using Blank Holding Force Control [J]. Journal of Manufacture Science and Engineering, 2003, 125(3): 461—467.