

浅谈深筒锥形件温挤压成形工艺技术

李东浩, 庞丹, 孙锋, 郭乃金

(辽沈工业集团有限公司, 沈阳 110045)

摘要: 采用温挤压加工 7A04 铝合金深筒锥形件替代原有棒料车制的加工方法,大幅度提高了原材料利用率。通过设计正挤压与反挤压相结合的复合挤压成形工艺。在 1 套模具、1 次机床行程中实现 2 个或多个基本变形过程。使用有限元的计算方法对金属塑性成形过程进行模拟,大幅度地缩短产品研发周期,节约人力物力,为复杂形状有色金属异形零件的成形提供了指导。

关键词: 金属塑性成形; 7A04 铝合金; 材料利用率

中图分类号: TG316 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)05-0093-04

Discussion on Warm Extrusion of Deep Cylinder Conical Parts

LI Dong-hao, PANG Dan, SUN Feng, GUO Nai-jin

(Liaoshen Industry Group Co., Ltd., Shenyang 110045, China)

Abstract: The warm extrusion of 7A04 aluminum alloy deep cylinder conical part is used to replace the method of machining the rod material, which significantly improves the material utilization. The compound extrusion of forward and backward extrusion is designed. Two or more basic deformation processes on a suit of mould and single press stroke machining are realized. By the finite element calculation method of metal plastic forming process the product development cycle is shortened, manpower and material resources are save significantly. It provides guidance for forming of metal parts with complex shape.

Key words: metal plastic forming; 7A04 aluminum alloy; material utilization

随着我国材料科学的不断发展,越来越多的有色金属在军工行业中被广泛应用。在加工有色金属零件时,如果仅沿用传统车制的加工方法则难以挖掘材料的潜力,不仅原材料利用率低而且耗费工时。

金属塑性成形是一种少、无切削的金属加工方法,在现代生产中占有极其重要的地位。温挤压工艺技术作为金属塑性成形技术的一种,具有高效、优质、低消耗和少切屑或无切屑的特点,已成为金属塑性成形加工的一种重要手段。温挤压是介于冷挤压和热挤压之间的成形技术,适用于对常温时变形抗力高、塑性差、加工硬化激烈且又很难成形的高强度

金属,更适合于形状复杂的有色金属异形零件的成形。

对金属塑性成形过程进行准确的数值模拟不但可以节省昂贵的实验费用,而且对合理确定成形工艺,保证模具设计的一次性成功具有重要的理论指导意义和工程实用价值。在工艺设计阶段采用有限元分析的方法对成形过程进行模拟,在金属塑性成形过程数值模拟中发挥着重要的作用^[1]。

深筒锥形工件,在设计初期采用直径为 $\phi 120$ mm 铝棒料车制成形的工艺进行加工。此加工方式的弊端是材料利用率、生产效率低,改用复合挤压加

收稿日期: 2012-06-10

作者简介: 李东浩(1983-),男,本科,工程师,主要从事有色金属精密成形工作。

工不但可以大幅度减少原材料损耗,而且通过金属材料流动成形不会破坏原有金属纤维方向,可以大幅度提升产品性能。实现无车削、少车削加工,为复杂形状的筒形件温挤压成形加工提供了理论支持。

1 毛坯结构分析

1.1 关键尺寸确定

深筒锥形件的外形比较特殊,其成形过程是正挤压与反挤压相结合的复合挤压成形模式。复合挤压工艺与普通温挤压的差别是在1道工序中有2个或多个基本变形过程,单独的复合变形过程是在1套且是在同一套模具中进行,而且是在压力机滑块1次行程中发生,因此控制金属材料的变形率以及正反挤压的过渡点成为复合挤压成形的关键。

由于深筒锥形件具有外形锥度大和成形困难的特点,因此根据毛坯变形率的大小,拟定大圆柱部外径为 $\phi 120$ mm,小圆柱部直径尺寸为 $\phi 85$ mm的毛坯方案。具体尺寸如图1所示。

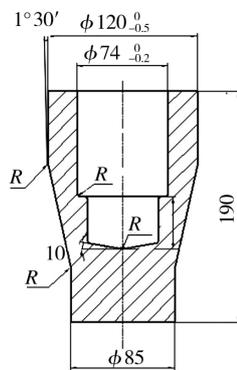


图1 复合挤压毛坯

Fig. 1 Compound extrusion blank

1.2 三维建模

使用计算机辅助设计软件 Pro/E 对深筒锥形件毛坯进行了三维建模,计算出3种方案的下料长度、材料用量及加工余量,如图2所示。

1.3 有限元分析

通过对金属塑性成形过程进行准确的数值模拟,不但可以节省昂贵的实验费用,而且对合理确定

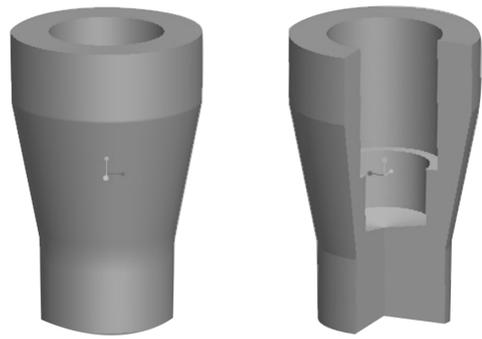


图2 毛坯三维建模

Fig. 2 3D modeling of blank

成形工艺,保证模具设计的一次性成功具有重要的理论指导意义和工程实用价值。随着数值计算方法和计算机技术的发展,数值模拟分析已经成为解决工程问题的重要方法。有限元方法经过不断的发展,在金属塑性成形过程数值模拟中发挥着重要的作用。通过与有限元软件分析结果和实验结果比较,验证了所提出的方法及处理技术的正确性^[2]。

将三维模型导入到有限元分析软件 MSC. SuperForm 中,对毛坯方案进行了成形模拟及受力分析对比,毛坯方案能够顺利成形,如图3所示。

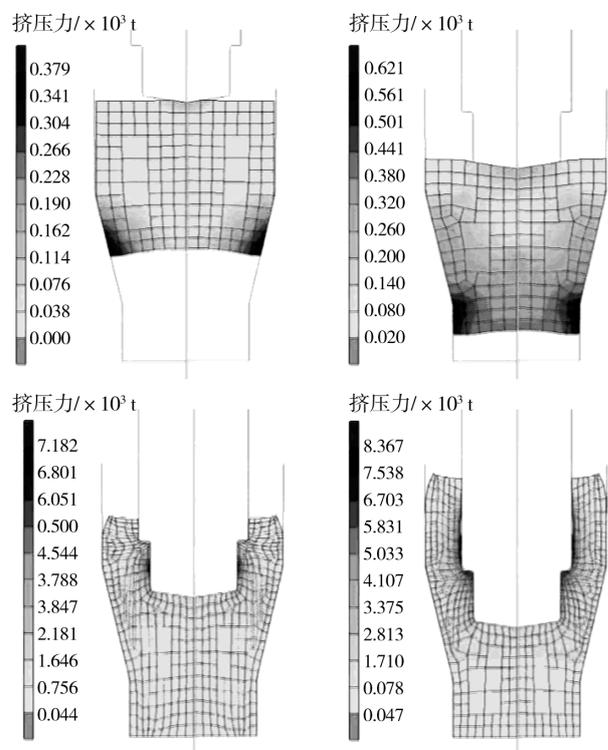


图3 毛坯温挤压应力分析

Fig. 3 Warm extrusion stress analysis of blank

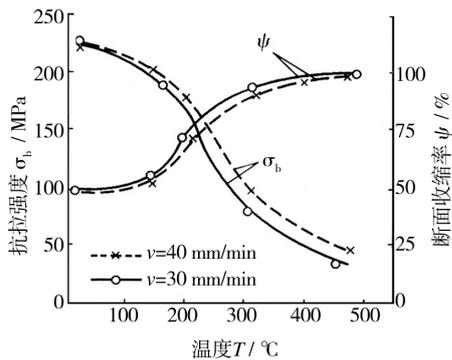
2 工艺方案

2.1 主要工艺流程

制定工艺流程为:下料—超声波探伤—加热—温挤压—车制—检验。

2.2 毛坯加热温度

工业生产都在尽可能地提高零件强度,高强度铝合金的变形温度范围比较狭窄。随着变形温度的升高,7A04 铝合金强度、塑性均呈先升高后降低的趋势,480 °C 时为最高点,温度继续升高,性能下降。7A04 铝合金高温变形时变形温度的升高,能促进动态再结晶的进行,适当增加变形次数,也能促进动态再结晶的顺利进行。7A04 铝合金的断裂方式主要为韧窝断裂和过烧,过烧后,综合性能急剧下降,材料报废^[3]。



试样经 410 °C 加热,保温 3 h,炉冷退火

图 4 7A04 超硬铝合金力学性能与温度的关系

Fig. 4 Relation between mechanical property and temperature of 7A04 aluminum alloy

通过将深筒锥形件的下料长度、下料质量等参数与其它温挤压产品相对比。并采用计算机辅助设计软件分别对原材料在 350, 380, 400, 420, 450 °C 下进行了模拟挤压。结果表明,400 °C 条件下金属流动方向容易控制,成形时间恰当,因此将远红外加热炉的保温温度设定为 400 °C。通过准确控制原材料加热温度可以保证温挤压的顺利进行,避免原材料“过烧”现象的发生。

2.3 毛坯保温时间控制

自控远红外加热炉能够保证炉内温度偏差小于

±10 °C。将原材料加热至 400 °C 后开始计时,设计保温时长在 120~180 min 以内,在保证原材料受热均匀的前提下出炉挤压。通过保温时间的控制可以使原材料温度均匀,避免发生局部温度过高或过低的现象,保证挤压时冲头周围的金属流动速度相等。

2.4 润滑剂的选择

润滑剂在温挤压过程中能提高模具寿命和产品成形率,但不同润滑剂所表现的效果也不同。分析实验数据发现,挤压温度低于 400 °C 时,各种润滑剂均具有较低的摩擦系数,润滑效果较好;当温度高于 400 °C 时,油基石墨系的摩擦系数仍保持较低,变形抗力也比较稳定,工件表面粗糙度也相对较好。

3 模具结构设计

该工艺采用一次挤压成形,凹模设计为二层组合结构。实际生产证明,该模具结构简单,使用方便。通过改变凸模与顶件器,可以挤压出不同头部形状及长度的零件。

设计合理的入模角度和工作带宽度,便于金属流动,以尽量减小金属与模具间的摩擦力,降低挤压力。凹模尺寸与顶件器应有斜度,工作中保持凹模与制件有一定的摩擦力,又不影响开模后制件脱模,同时应注意模具的预热。保证锥面摩擦的均匀,以避免在挤压过程中工件头部的偏移^[4-5]。在反挤过程中要保证坯料与模具的清洁度和间隙尺寸,减少重叠和气泡。模具结构如图 5 所示。

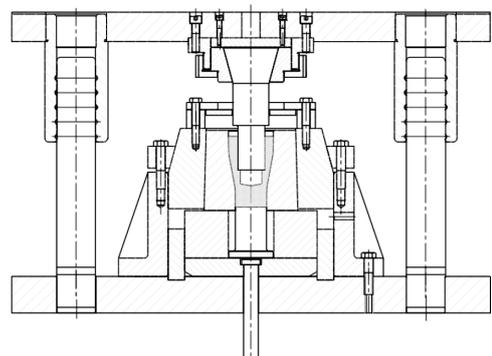


图 5 复合挤压模具结构

Fig. 5 Mould structure of compound extrusion

由于凸模截面积小,单位挤压力高,又长时间工作在高温状态,易变形,因此采用 5CrMnMo 材料,

热处理硬度为 50~55 HRC。凹模采用单层预紧结构,凹模材料选 5CrMnMo,热处理硬度为 44~48HRC。凹模预紧圈要求不高,材料选 40Cr 就可以了,热处理硬度为 40~46HRC。

考虑凸模的冲头形状对热加工时材料金属流动性的影响,为了保证正向挤压的顺利进行和提高模具的导向性,设计了台阶冲头凸模方案,并进行了试制。通过试制情况表明,台阶冲头具有金属流动顺利、成形饱满、导向性好等优点,可批量生产。模具如图 6 所示。

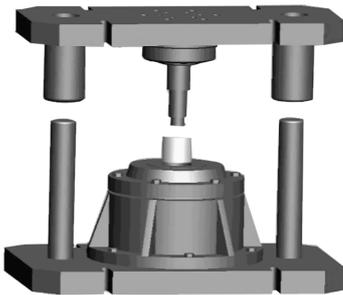


图 6 复合挤压模具

Fig. 6 Mould of compound extrusion

4 现场试制及参数修订

在试制阶段发现温挤压成形后个别工件存在口部倾斜和壁偏差超差的缺陷,针对此缺陷,对毛坯的加热温度和保温时长进行了调整,不但降低了能源消耗更提高了产品的力学性能。产品口部倾斜和壁偏差超差的缺陷均能得到有效控制,产品质量有了很大改善,各项尺寸均符合工艺要求。

采用温挤压工艺技术加工深筒锥形工件毛坯(半成品实物如图 7 所示),相比用铝棒料车制的加工方法,毛坯质量从 6.2 kg 减小到 3.3 kg,节约原材料 47%。大幅度提高了材料利用率,减少加工量,减少刀具的消耗和工时消耗,节约加工成本,效益可观。



图 7 深筒锥形件半成品实物

Fig. 7 Semi-product

5 结语

随着现代军工业的发展,军工产品向着精密化、多元化的方向转化,有色金属材料在军品生产领域的应用日益增多,金属塑性成形技术必将成为军品生产的发展趋势。采用复合挤压工艺生产军品零件是一种值得推广的新工艺,不仅工艺合理,且操作方便。该工艺最大限度地利用了油压机的设备能力,一次成形顶出,模具结构简单,通用性强,且挤压力小,特别适用于变形程度较大的长筒件的热挤压成形。新工艺的采用,使生产效率大大提高,同时通过该项目的实施,总结出一套复合温挤压方面的经验,对于今后深筒锥形件复合挤压加工有很好的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 方刚,王飞,雷丽萍,等. 铝型材挤压数值模拟的研究进展[J]. 稀有金属,2007,31(5):682-688.
- [2] 王忠雷. 三维金属体积成形过程有限元模拟若干关键技术研究与系统开发[D]. 济南:山东大学,2011.
- [3] 余伟. 高温变形对 7A04 铝合金组织和性能影响研究[D]. 太原:中北大学,2011.
- [4] 刘静安. 大型铝合金型材挤压技术与工模具优化设计[M]. 北京:冶金工业出版社,2003:218-222.
- [5] 翟德梅. 挤压工艺及模具[M]. 北京:化学工业出版社,2004:145-161.

(上接第 92 页)

- [16] WANG C J, GUO B, SHAN D B, et al. Properties of DLC Film Deposited on Mould with Micro-Cavity Used in Microforming[J]. Integrated Ferroelectrics, 2012,136:35-42
- [17] GONG F, GUO B, WANG C J, et al. Effects of Lubrication Conditions on Micro Deep Drawing. Microsys-

tem Technologies[J]. 2010,16(10):1741-1747.

- [18] GONG F, GUO B, WANG C J, et al. Micro Deep Drawing of Micro Cups by Using DLC Film Coated Blank Holders and Dies[J]. Diamond & Related Materials, 2011,20(2):196-200.