

大型飞机变曲率复杂框型钣金件成形研究

■ 中航飞机股份有限公司西安飞机分公司 (陕西 710089) 白颖 王倩 雷颖洁

■ 杭州电子科技大学机械设计研究所 (浙江 310018) 陈磊

摘要: 以某大型飞机复杂铝合金框型压板为例, 研究其成形过程。通过大量成形缺陷分析, 制定合理的解决措施。优化零件外形结构, 采用了 120° 角结构。借助有限元展开模拟计算, 确定了展开毛坯的最佳尺寸。创新了一套可拆卸成形组合模、局部修正模及多点定位检验模结构, 改进了零件的成形工艺性, 保证了装配安装准确度。



高级工程师 白颖

大型飞机是一个国家制造业水平的标志性工程之一, 大型飞机包含着大量的钣金零件, 结构复杂, 成形难度大。随着现代化生产技术的发展, 钣金成形机械化程度越来越高。而大飞机为了实现其独特的功能, 不乏存在一些复杂封闭结构件, 来满足其高精度、轻自重的使用要求, 而现有的机械设备无法实现封闭件的加工, 如何成形是一个难题。飞机框类钣金零件包含大量的翻边成形, 翻边成形方法虽然多种多样, 但从板料的变形性质来看,

无外乎是“收”和“放”。收(凸弯边)表现为“纤维缩短、厚度增加”, 是起皱、收平、再起皱和再收平的重复变形过程, 相对于“纤维伸长、厚度减薄”的放边(凹弯边)成形复杂得多。本文借助Pam Stamp软件模拟框形封闭压板的展开形状, 探索可拆卸式的组合模具、“以放代收”的转角校正模具、多点定位的检验模具结构形式及相应工艺参数, 开展成形实验并加以验证。

1. 零件分析

某型机外襟翼固定整流罩蜂窝组件开口处安装着一系列变曲率“ Π ”型压板构件, 结构封闭、形状复杂(见图1), 展开长度最大为1 905mm, 压板通过橡胶型材与光滑流线的整流罩体紧密贴合, 其型面需与罩体蒙皮外形保持一致。框型压板拐角存在较大负角度 79° (见图2), 零件特殊的结构导致角部回弹大, 不贴合成形模, 无修正定位基准,

安装压板时, 装配现场借助敲修及带力的铆钉硬性与蒙皮联接进行补救, 严重影响了整流罩开口处的密封性及美观的流线外表。

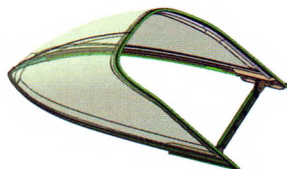


图1 零件安装位置图



图2 零件初始结构设计

该零件主要有以下问题:

框型拐角 79° 的负角度, 兼顾扭曲的外形, 使零件成形后被紧紧的卡在模具上, 必须对零件施加一定的外力将其外侧小弯边掰开, 才能取下零件, 可见零件可加工性差, 必须消除负角度的存在。“ Π ”型零件的成形弊病是起皱、结构缺陷是封闭, 采用何种模具结构使零件收放自如如是生产合格零件的决定性因素。合

理的毛坯形状不仅能够减少工人的劳动强度,更重要的是能够提高零件的成形极限,不同的毛坯形状会导致“Ⅱ”型转角材料变形程度的不同,进而出现褶皱、甚至死皱。零件特殊的结构表象以“收”为主,由于材料厚,双曲的外形仅仅依靠榔头和拍板频繁的敲击和拍打,极易出现冷作硬化,采用怎样的措施实现转角的成形精度是又一攻关要点。对于“Ⅱ”型封闭零件以往按整体型胎结构制造,但型胎仅仅是一个生产依据而无法再作为最终交检依据,对装配关系复杂、整个外形曲率都有严格要求的零件来说,必须找到一种合理的检测手段保证压板与蒙皮的贴合间隙不大于0.5mm。

2. 结构优化

压板零件整体结构封闭、且局部截面也较封闭,多处负角的存在让压板件可加工性更差,在安装压板时装配困难,操作不便。产品设计权衡了装配关键要素,优化了压板结构,将零件长边与底面夹角增大至 120° ,如图3所示,局部拐角外形做了相应的更改,这一次让步使零件截面敞开,为后续成形改进提供了充足的空间。

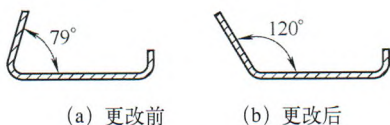


图3 截面形状设计更改

3. 模具设计

以往使用整体结构型胎,成形过程复杂,生产的零件紧紧地箍住模具,贴合的越好,箍得越紧,卸下零件,整体外形出现扭

曲,需要花大力气恢复。

针对压板封闭结构,研究出一种可拆卸的组合模具结构,如图4所示。新工装由型胎主体、上部盖板、侧面盖板、可卸块和底座五部分组合而成,其中可卸块能方便地将零件与模具分离,大大降低了工人的劳动强度。

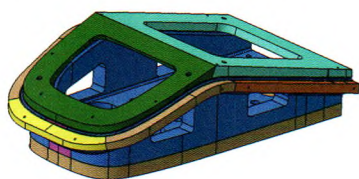


图4 新组合工装成形结构

为了减少模具自身的质量,在不影响强度的前提下,型胎做成中空薄壁结构。压板零件双曲扭转的外形结构仅靠几个销钉的固定是无法保证的,为此增加侧壁平面及长圆通过槽,方便弓形夹将零件夹持牢靠。

当压板零件贴敷型胎后需取下时,将上部盖板、侧部盖板卸下,从型胎敞开的空间抽出可卸块,移动一侧胎体,便可轻松的拿出零件。制造的模具如图5所示。



图5 模具照片

4. 展开毛坯计算

合理的展开毛料可以减少压板转角处的收边量,降低成形难度,提高成形精度。利用Pam Stamp软件Invers模块的坯料反算功能模拟出压板件的展开形状,输出CAD格式,这是一个理论上

的纯展开(见图6)。

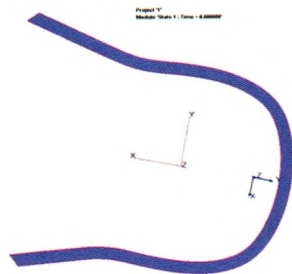


图6 毛坯形状

凭借生产经验,在此基础上我们依照零件成形时材料流动特征,在7mm小弯边上增加了20mm工艺余量,弥补成形中材料下滑而造成小弯边超差的不足。下部大弯边越大,收边越困难,我们在此处均匀增加了2mm修边余量,避免在手工操作过程中零件放置不到位而出现材料补给不足的现象。这样就得到了一个较合理的压板展开毛坯图形,如图7所示。

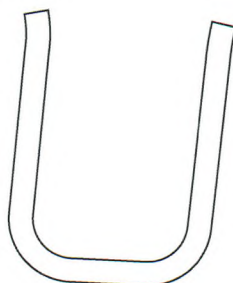


图7 实际形状

按展开毛坯的计算结果,制作了一块样板进行下料,如图8所示。最佳展开坯料的确定也是对我们所作理论分析的一个认可,



图8 坯料照片

同时也肯定了Pam Stamp软件反算输出展开模型的可行性,同时借助雅高机完成大转角初步收边。

5. 局部修正与检测

“放”边成形相对于“收”边成形容易得多,为此采用局部框型修正模,将初步成形的压板零件放入修正凹模,从零件内侧展放根部材料使其贴胎,局部修整胎通过上一道成形组合模具上预留的两个销钉孔进行定位,如图9所示。

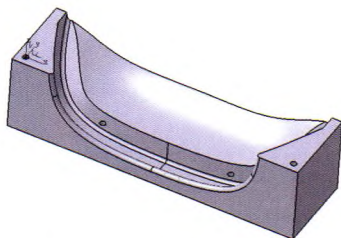


图9 局部修正模结构图

由于压板转角不能很好的贴合模具,上一道成形时预留的销钉孔位无法对正插入局部修正模,为此改用零件的外形线定位,将模具高度制造为136mm,刚好越过框型转角进入两侧壁较直部分,上一道的成形宽度将零件较好的控制在修正凹槽内,利用胶木榔头小端头从转角内侧敲击根部,材料顺势贴合模具型面,再一次实现了“以放代收”的凹模成形,促进材料变形、可以达到冲模的功效,如图10所示。

以往压板件的交检仅关注截面尺寸,借助卡尺来完成,而整体外形在热处理前经过一次过程检验后,因为不可卸的模具结构后续不再检测,这就增大了外形超差的隐患。根据压板零件现场安装情况,确定了理论外形面及

要求保证的尺寸,采用专用检验模作为零件最终检测依据,如图11所示。检验模采用靠块结构,几个转折点及端头位置镶有靠块,能较好地保持住整体零件的理论外形面,靠块上画有零件弯边及端头外形线,检测零件时,依据外形线将零件放置到位,用 $\leq 0.5\text{mm}$ 的塞尺测量零件理论面与靠块之间的间隙,若出现超差现象,记录位置并按正常流程进行修正。最终制造零件如图12所示,装配合格,达到设计要求。



图10 修正模具加工图

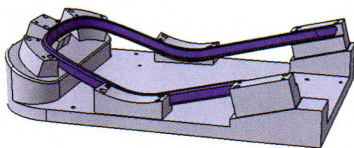


图11 检验模具

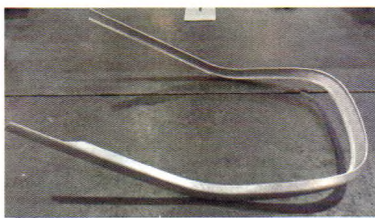


图12 零件图

6. 结语

针对框型压板零件的变形、起皱提出了大量的解决措施,在不断的摸索中掌握了复杂封闭件的加工技术,具体表现在:

(1) 优化了“Ⅱ”型压板的产品结构,使零件截面开敞,提高了零件成形工艺性。

(2) 针对变曲率、“Ⅱ”型压板件的外形特征,创新出一组可拆卸的组合模具结构,实现了封闭结构件成形和取放,提高了零件成形准确度。

(3) 掌握了Pam Stamp软件计算复杂曲面零件的精确展开技术,直接用于生产,降低工人劳动量,提高生产效率。

(4) 通过增加局部修整模,改变了材料的变形特点,“以放代收”,实现了框型转角不大于0.5mm的贴合间隙,保证了转角成形精度,降低了加工难度。

(5) 通过对“Ⅱ”型压板的安装要点分析,增加了多点定位检验模,使用靠块、塞尺检测零件,提前消化外形超差隐患。

参考文献:

- [1] Chen Lei, Chen Huiqin, Guo Weigang, et al. Experimental and simulation studies of springback in rubber forming using aluminium sheet straight flanging process[J]. Materials and Design, 2014, 54 (1): 354-360.
 - [2] 白颖, 张引引, 赵刚, 等. 飞机铝合金大型钣金件精确成形研究[J]. 锻压技术, 2011, 36 (4): 64-67.
 - [3] Nader Asnafi. On stretch and shrink flanging of sheet aluminium by fluid forming[J]. Journal of Materials Processing Technology, 1999, 96(2): 198-214.
- MW (收稿日期: 20170628)