

浅谈飞机结构设计中挤压件的设计研究

张 洁

(上海飞机设计研究院, 中国 上海 201210)

【摘 要】本文主要介绍了在飞机结构设计中, 挤压件的优缺点, 挤压件的分类和材料, 以及挤压件的参数设计要求和经济性, 为挤压件在飞机结构设计中的应用提供了一些参考价值。

【关键词】飞机; 挤压件; 设计

0 引言

挤压是迫使金属坯料产生塑性流动, 通过凸模与凹模的间隙或凸模出口, 制造空心或断面比毛坯断面小的零件的塑性加工方法^[1]。用挤压方法可以生产各种不同截面的零件, 如管材、棒材和型材, 这些零件的长度一般会大于零件的横截面尺寸。由于零件是在三向压应力状态下成形, 金属可以一次承受很大的塑性变形, 所以可生产复杂截面的管材和型材。在飞机结构设计中, 如果零件的截面一致, 且长度相对较长, 当用板材或管材机加成本较高时或零件无法用钣金成形时, 应考虑挤压成形。

1 挤压件的优缺点

在飞机结构设计中, 常用的金属零件形式有机加件、钣金件、挤压件、铸件和锻件等。相对于其它种类的零件, 挤压件具有以下优点^[2-4]:

- (1) 截面形状可以多样化。可以生产截面极其复杂的以及变截面的管材和型材, 这些零件用其它加工方法很难加工, 有些甚至不可能。
- (2) 可以提高零件的机械性能。在冷挤压过程中, 金属材料处于三向压应力状态, 材料组织致密, 具有连续分布的金属流线, 加上强烈的冷作硬化, 使零件的强度、刚度和硬度都有一定的提高。
- (3) 有良好的零件精度和表面质量。尺寸精度可达 IT8 级, 对于铝合金和合金钢, 挤压后的表面粗糙度可以分别达到 3.2Ra 和 6.4Ra, 不过对于钛合金, 挤压后必须要对表面进行机加处理。
- (4) 节约原材料。冷挤压与切削加工相比, 不但节省材料, 而且生产率高, 从而降低成本。
- (5) 挤压件有时可以代替用紧固件连接或焊接的装配件, 能减少零件数量, 降低结构重量。

在飞机结构设计中选用挤压件时, 也要注意其局限性, 即:

- (1) 挤压件的横截面容易发生扭曲, 零件长度越长, 扭曲越严重, 所以设计时要考虑零件扭曲对公差的影响。
- (2) 挤压件改变了金属毛料的纤维流向, 金属纤维流线的方向通常是挤压加工的方向。在与金属纤维流线垂直的方向, 金属材料的塑性和抗腐蚀性能有所降低, 所以设计时要注意挤压件所受的正应力方向和其纤维流线方向一致, 在与金属纤维流线垂直的方向, 只能承受较低水平的应力, 且当有受力很大的结构接头和挤压件连接时, 尽量避免力的传递路径沿着垂直纤维流线的方向传递。

2 挤压件的分类

根据挤压件的截面形状, 挤压主要可分为棒材、管材、实心型材、空心型材和变断面型材等^[4-5]。在飞机结构设计中, 常用以下几种截面形状的型材, 比如 L 形、C 形、U 形、T 形、I 形和 J 形等。从经济性角度考虑, 如果能用标准的截面形状, 尽量不要选择复杂的截面形状的挤压件。

3 挤压件的材料

在飞机结构设计中, 可选用的挤压件的材料主要有三种:

- (1) 铝合金: 当零件比较长, 且需要很好的疲劳强度时, 可选择 2000 系列的铝合金; 当零件要求很高的静力学强度时, 可选用 7000 系列的铝合金, 如 7050 和 7075; 当零件的力学性能要求不高, 但要求较高的可成形性能时, 可选用 6000 系列的铝合金, 如 6061 和 6063, 而且 6061 是可焊接的。
- (2) 合金钢: 对于低合金钢, 可选择 4140 和 4340; 对于不锈钢可选择 300 系列的和 400 系列的, 以及 17-4pH、17-7pH、15-5pH、pH13-8MO。
- (3) 钛合金: 几乎所有的钛合金材料都可以被挤压, 最常用的是 6AL-4V。

4 挤压件的参数设计要求和经济性

挤压件的参数设计主要考虑了其截面尺寸的设计, 包括以下几点:

- (1) 截面外接圆直径 D , 它主要受挤压加工时的挤压模的限制, 见图 1。

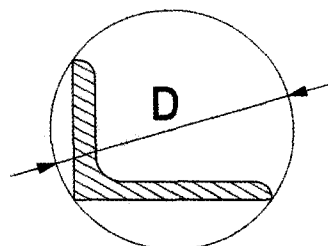


图 1 挤压件的截面外接圆直径

- (2) 最小厚度。挤压件的截面外接圆直径基本确定了挤压件的截面尺寸范围, 如缘条和腹板的长度和厚度。挤压件的厚度还受其截面形状是否对称以及挤压材料的影响。材料越软, 挤压成形越容易。对于硬合金来说, 最小厚度应大于 D 的 $1/30$, 对于软合金来说, 最小厚度应大于 D 的 $1/80$ 。

- (3) 实心型材的截面的长细比。挤压件的截面上如有凹槽, 则凹槽的深度和宽度尽量相当。U 形型材的长细比的要求因材料不同而不同, 铝合金 U 形型材的长细比最大是 4.5, 合金钢或钛合金 U 形型材的长细比最大是 1, 如果长细比太大会使零件发生扭曲, 甚至会损坏挤压模。

- (4) 挤压截面缘条的长厚比。如果挤压件的腹板较厚, 且缘条又细又长, 热处理之后零件容易发生扭曲, 所以为了得到合格的公差要求, 并且避免残余应力, 挤压件截面的长厚比有如下要求: 缘条的长厚比 L/t 最大是 18, 腹板和缘板的厚度比 t_w/t_f 最大是 4。特殊情况下, 可以超过其中的一个最大值, 但不能同时超过这两个最大值。比如, 当缘条的厚度和腹板的厚度相同时, 缘条长厚比可以达到 40。当缘条的长度较小时, 缘条的长厚比不能小于 7, 见图 2。

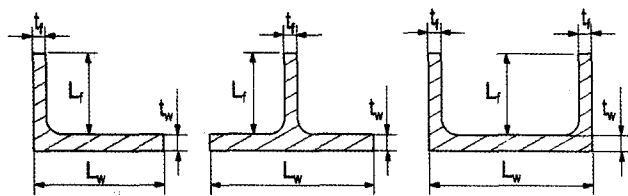


图 2 缘条和腹板的长度厚度示意图

- (5) 挤压件的外倒圆和内倒圆。为了防止零件的外部有尖边, 需要对挤压件做锐边倒圆, 倒圆半径随缘条厚度的增加而增大。挤压件的内倒圆半径大小按设计和制造因素考虑, 一般内倒圆半径和缘条厚度相当, 且半径越大, 倒圆处的疲劳性能越好。

挤压件截面尺寸的参数设计对于其工艺成本的影响很大, 尤其是截面形状的复杂程度, 缘条的厚度和截面外接圆直径值, 另外, 零件的公差要求, 挤压件的数量和材料也影响其成本。一般来说, 对称的截面形状且截面上各边厚度一致的挤压件成形比较容易, 采用挤压件时, 要避免以下的一些设计:

- (1) 相对于截面的外接圆直径, 缘条的厚度很薄, 且长度很长。
- (2) 有尖锐的倒角。
- (3) 截面形状非常的不对称。

(下转第 131 页)

柴油机烧瓦的原因和预防措施

贾本明

(中国铝业 山西分公司, 山西 河津 043304)

【摘要】本文通过实例分析了柴油机烧瓦故障的原因, 提出预防措施。

【关键词】柴油机; 烧瓦; 预防措施

一台厦工装载机装配了YC6M220G-M3020柴油机, 在更换三滤及机油后, 出现机油压力低。现场检查了解情况, 确定所换机油牌号、加注量和机油滤清器没有问题。再次启动柴油机做进一步诊断, 出现缓和而短促的“啞、啞”声, 且转速越高, 响声越大, 急加速时, 更加明显, 于是, 确定为烧瓦故障。解体柴油机拆检各部件, 发现集滤器滤网糊了厚厚的一层油污杂质, 已被严重堵塞。再看大小瓦均有不同程度的烧蚀, 大瓦较轻, 小瓦较重, 尤其是第一、二道小瓦更加严重。

1 柴油机烧瓦故障的机理

柴油机在正常的工作过程中, 曲轴轴颈与轴瓦之间有一定间隙并有油膜存在, 形成液体润滑, 这样, 摩擦损耗小, 摩擦产生的热量也小, 热量由机油带走, 工作温度处于正常。如果轴瓦与轴颈直接接触, 形成部分干摩擦状态, 那么摩擦功耗就急剧增大, 产生大量的摩擦热由轴瓦散发, 而由机油带走的热量不多, 热量积聚在轴瓦内, 温度不断上升, 当温度超过轴瓦表面的合金熔点时, 轴瓦表面便开始熔化, 直至产生烧损, 导致柴油机不能运转。

2 柴油机烧瓦故障原因分析

2.1 润滑油供给不足或压力过低

润滑油加注量不足、油道堵塞或润滑系某些部件失效, 都会影响曲轴轴颈与轴瓦之间油膜的形成, 是造成烧瓦的主要原因。

2.2 润滑油质量不好, 柴油机在使用过程使用了劣质润滑油或假冒优质润滑油; 如果润滑油的质量等级不符合柴油机制造厂的要求, 将会导致柴油机产生烧瓦故障

2.3 润滑油劣化

一般来说, 润滑油在使用过程中, 由于柴油机气缸套、活塞环的磨损, 以及活塞环开口间隙和开口位置的变化, 使窜入曲轴箱内的高温、高压可燃混合气不断增加, 这不仅造成润滑油的温度升高, 而且也加快了润滑油的氧化、聚合反应; 同时柴油机燃烧生成物的混入, 外部灰尘、金属屑的混入, 以及润滑油中添加剂的消耗等原因, 使润滑油的劣化、变质速度大大加快, 这不仅使柴油机润滑部分摩擦副磨损增大和产生腐蚀, 而且也是造成轴承烧损的主要原因。

2.4 油温过高或过低

当油温过低时, 润滑油粘度过大, 流动性较差, 特别是在冷机启动

阶段, 进入曲轴的油量较少, 容易使轴瓦与曲轴轴颈直接接触, 加快轴承的磨损和损坏; 而油温过高时, 润滑油粘度过低, 油膜强度减弱, 导致油膜厚度变薄, 同样也容易造成轴瓦的早期磨损和损坏。一般认为, 柴油机润滑油的温度最高为130℃。但是为了充分延长轴承的使用寿命, 常用温度应保持在95~105℃范围内。

2.5 柴油机温度太高, 由于冷却系统故障或其它原因是柴油机整体温度和机油温度太高, 长时间运转导致柴油机产生烧瓦故障, 轴承装配间隙不当

2.6 要改善现有柴油机主轴承的润滑状态, 防止烧损发生, 应严格按照柴油机的操作手册要求控制轴承与曲轴轴颈的间隙

更换轴瓦时, 应检查其曲轴轴颈的圆度和圆柱度, 若超限应予修磨, 以免造成轴颈、轴瓦的接触面积减少, 单位面积压力增大; 此外, 还应控制曲轴轴向间隙, 若磨损超限时应予及时修复。

2.7 轴瓦质量问题

如果使用劣质材料, 轴瓦的抗高温能力和承载能力不足, 即使机油压力正常、油量充足, 也将造成烧瓦故障。

3 柴油机烧瓦故障的预防措施

3.1 定期维护, 按时清洗机件、疏通油道、添加或更换符合要求的机油, 防止机油老化或过脏, 堵塞油道。

3.2 柴油机启动前, 认真检查润滑油量, 不足时应按规定添加。

3.3 冷车启动时应先在空负荷下怠速运转3~5分钟, 然后再逐渐过渡到高速或大负荷运转。

3.4 严禁柴油机在超负荷下长时间运转, 避免急加速; 如发现机油压力报警灯亮, 应查明原因并妥善处理后方可继续运行。

3.5 定期检查柴油机冷却系统的冷却效果, 注意补充冷却液并及时涨紧或更换风扇皮带, 确保冷却系统始终保持良好状态。

3.6 维修时应注意检查润滑系统各零部件, 重要零件不能代用(如不能以铁丝代替开口销等)。装配时, 要使用清洁的润滑油。

3.7 更换新的轴瓦时, 要检查轴瓦长度, 轴瓦过短不能保证其与轴颈的可靠贴合、良好散热; 轴瓦过长时接口处产生变形, 会导致啃轴现象。

[责任编辑: 杨扬]

(上接第130页)(4)截面上的各个厚度变化比较大。

(5)模型的截面形状。

(6)不对称的空心型材。

从经济性角度考虑, 还需注意以下几个方面:

(1)对于常规的截面形状的零件, 尽量采用挤压件。因为能够避免昂贵的加工成本, 并减少装配工序, 提高生产效率, 当需要大批量的这种零件时, 可以分摊挤压模具的成本, 大大地提高其经济性。

(2)对于常规的截面形状的零件, 如果截面尺寸相似, 可考虑使用同一种挤压型材, 比如长桁的设计, 但是也要考虑由此而造成的材料的浪费和进行后续加工所需的成本, 并与采用另外的挤压模具所需的成本进行比较。

(3)对于复杂的截面形状的挤压件, 其形成成本远高于简单的截面形状的挤压件。

(4)挤压件成形之后, 为了消除其在加工过程中造成的扭曲, 需对其进行矫直, 为了降低矫直的成本, 应尽量避免设计不平衡的截面形状。

5 结束语

挤压件在航空工程中的应用很广泛, 本文主要介绍了在飞机结构设计中使用挤压件应注意的一些方面, 包括挤压件的分类, 材料和优缺点, 挤压件的参数设计要求以及如何提高挤压件的经济性。

【参考文献】

- [1]李恒德. 现代材料科学与工程辞典[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2001.
- [2]马怀宪. 金属塑性加工学: 挤压、拉拔与管材冷轧[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991.
- [3]丁年雄. 机械加工工艺辞典[M]. 北京: 学苑出版社, 1990: 292.
- [4]李集仁. 高级冲压、锻压模具技术与实例[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2005.
- [5]王树勋, 苏树珊. 模具实用技术设计综合手册[S]. 广州: 华南理工大学出版社, 2003.

[责任编辑: 周娜]