

复合材料框架模型面整体制造工艺探讨

■ 中航工业昌河飞机工业集团公司 (江西景德镇 333002) 龙勇华

摘要: 传统复合材料框架模的制造工艺存在劳动强度大、工艺复杂及焊缝多、容易漏气等特点, 逐渐涌现出数控制造法、正反框架成型法及柔性数控曲面成型等技术, 这些新技术各有千秋, 都不十分完善, 型面整体制造技术有效地解决了复合材料框架模制造的相关难题。

随着复合材料零件在各机型中的广泛应用, 复合材料成型模的需求逐年递增, 其大致可分为两类: 复合材料基体模及复合材料框架模(下称复框模)。一般具有特别复杂外形的产品采用基体模成型, 那些型面相对简单的产品则采用复框模成型。复框模制造工艺难点在于厚板料的三维曲面成型, 如何提高厚板的曲面成型精度成为复框模的制造难点, 下面对复框模现行制造方法进行分析。

1. 传统复框模制造法

传统的复框模制造工艺是基于手工制造基础上的一种劳动密集型作业工艺, 具体过程为: 制造工艺石膏模, 将型面划分成若干小块, 将分割出的各小块板料进行单独成型并与作为依据的石膏模进行比对, 最后将分割的小块型面通过电焊组焊成一体。可大致分为6个步骤, 即反模制造、型板成型、框架焊接、复框模毛坯总焊、型面数控加工及总装。在此只讨论复框模框架毛坯的制造成型工艺。型面数控加工及模

具总装技术成熟, 在此不予说明。

(1) 反模制造: 反模是过渡模, 在复框模的制造中作为型面成型依据。按设计数模, 在框架立板处按一定偏移量取好反模下料线, 工艺员在下料线基础上绘制好反模木框板图, 并打出1:1下料图, 按图下好木框板料, 按工艺要求组合好反模框架, 再用石膏填充组合框架空间, 手工修整型面, 并按数模形状均匀过渡; 最后制造检验样板, 按检验样板检验石膏模型面, 若合格则该反模可交付使用(见图1)。

(2) 型板成型: 复框模型板成型的依据就是反模, 反模型面的精度决定了复框模型板精度。首先, 根据反模所体现出的

型面特征, 对其进行放样分块, 并一一对应编号, 按分块区域拓片尺寸手动下钢板料。其次, 用压机将下好的钢板料手动压制成型, 成型板料必须反复与反模对应区域曲面进行比对, 并在压机上修配, 直到与反模型面的贴合度在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。当所有分块板料成型后, 按编号对应拼好, 点焊固定(见图2)。

(3) 框架焊接: 按图拆分出横、纵向每一块立板, 并注意拼接缺口, 编好数控下料程序, 由数控下料机按程序下料, 下好的立板编号放置。所有立板下完后, 铆焊工领取其他组焊件与横、纵立板按图拼组, 确认无误后, 焊牢, 打光焊缝, 清理飞溅物。焊接后的框架如图3所示。



图 1



图 2

(4) 复框模毛坯总焊：复框模毛坯总焊可分两个阶段，第一阶段将框架与组焊型面焊接在一起；第二阶段为型面各分块钢板间Y形坡口的填充。

型板与框架焊为一体后，将模具翻身，采用堆焊的方式，填平Y形拼缝，最佳状态是将拼缝堆焊高度与型面高度相差 $\pm 2\text{mm}$ （见图4）。

焊后清理，送焖火，去应力，吹砂，再清理焊缝，棱边倒钝，至此，复框模毛坯制造完成（见图5）。

传统复框模制造工艺的缺点是制造周期长，操作复杂，型面精度受反模影响较大；焊缝堆焊量大、制造工期长，堆焊区域容易产生气孔从而导致型面漏气。优点是设备投入少，制造成本低。

2. 数控制造法

对一些型面最小包容体较小的框架模，可以采用数控制造

法（见图6），用一块整体料先加工出型面反面，只进行粗加工即可，然后将按传统制造法拼焊好的框架与数控形面组焊，焊牢清理飞溅物，吊装翻面，以框架底面为加工基准，加工框架模工作型面。这种制造方法不用进行机械成形，避免了繁琐的辅助工序。

3. 正反框架成型法

这种方法是做出正反框架，经数控加工后，将正反框架当作凸凹模使用，在大型压机上直接将板料冲压成型。该法多用于型面简单的铝质复框模。

4. 柔性数控曲面成型法

柔性数控曲面成型技术是基于柔性数控成型机而发展出的技术。利用伺服电动机驱动80mm $\times$ 80mm大小的顶杆，由多个顶杆组成一定面积的型面，用数字控制技术对每个顶杆的工作位置进行控制，组成一个柔性的下模，再利用液压技术使上模各

压块下压成型，将板料贴靠下模（见图7）。这一技术目前在2~3mm薄板成型领域有成功应用，但在20mm厚板成型上还处于研发阶段。江南造船厂已利用该技术成功生产出合格的船体零件。

以上各种成型法的优缺点比较如附表所示。

各种成型法优缺点比较

方法	优点	缺点
传统复框模制造法	设备成本低，制造成本低，适用于任何复杂型面框架模	需石膏模，工序复杂，制造周期长，劳动强度大，型面精度不稳定，焊缝多，容易产生漏气孔
数控制造法	型板板厚均匀，型面无焊缝，型面精度高，外观美观	不需石膏模，用大方料正反加工出型板，数控加工时间长，制造成本高，周期较长，适用于型面高度差不大的复框模
正反框架成型法	型板板厚均匀，型面无焊缝，外观美观，成型精度较高	需制造反框架，并对正反框架分别进行型面数控加工，需大型液压研模机压制，适用于20mm铝板成型，型板具有较大曲率
柔性数控曲面成型法	效率高	设备成本高，型板成型精度不足，技术先进但不成熟，适用于大曲率型面



图 3

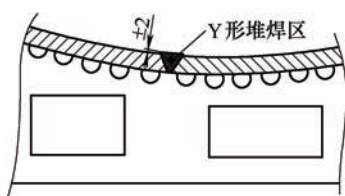


图 4



图 5

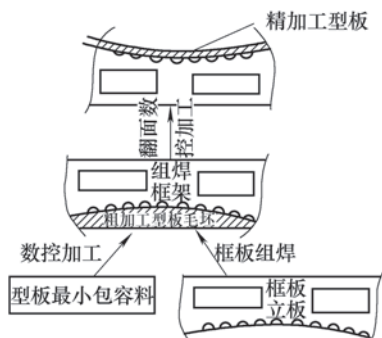


图 6



图 7

5. 多点曲面成型工艺

综合以上各种成型方法，只有传统复框模制造法适宜于任何型面的框架模制造，其他方法均存在致命缺陷，不能适用于复杂型面。为了既减少劳动强度，又大幅提高效率和型面质量，结合车间20多年框架模的制造经验，推出多点曲面成型工艺。

(1) 多点曲面成型工艺特点。传统复框模制造法是利用压机对分块板料逐点压制成型，通过不停地与石膏模比对进行型面调整，最终贴靠石膏模型面，贴靠误差达到 $\pm 2\text{mm}$ 以内即为合格。根据多年的制造实践，从操作人员劳动强度及型面成型精度两方面考虑，板料分块大小宜在 $250\text{mm} \times 250\text{mm}$ 左右，一套中型框架模大概由10块分块板料组成，每块板料均需重复多次进行成型、比对步骤，当每块板料成型完成后再按标号顺序拼装起来拼焊，除人员劳动强度大、拼接焊缝多以外，最主要的还是容易产生型面精度及焊缝缺陷等质量问题。为解决传统工艺的不足，车间进行了多种方法的摸索

探讨，最终认为多点曲面成型工艺是一种比较实用的复框模制造工艺，其工艺特点为：①取消石膏，以框架型面作为型板成型依据，需对拼焊好的框架进行数控加工。②框架在此工艺中即为型面依据，同时也起到成型模的作用。根据这些功能要求，设计应进行一些适应性调整，如立板板料由10mm改为16mm、型面非工作部位不得出现小于 $R50\text{mm}$ 的过渡角、型面曲率变化大的区域增加立板等。③采用整板成型或大分块成型。④采用多个手动液压缸成型。

(2) 多点曲面成型工艺方法。多点曲面成型工艺是在已经有成功经验的整板单点成型工艺基础上发展而来的，还处在技术探讨及验证阶段。①专用设备及工装：多点曲面成型设备属于非标设备，主要由刚性框架、旋转平台组件及手动液压组件组成（见图8）。旋转平台组件可进行左右移动，旋转角度 $\pm 30^\circ$ ；液压组件可同时提供4~8处1000kN顶升力。②成型方法：调整旋转平台的角度及位置，使顶升力与

成型曲面大致垂直，利用周边多个液压缸辅助压制，中心处压制贴靠，焊工直接将中心处型面与框架立板接触部位焊死，成一点焊一点，由点至面，最终成型整个型面。图9所示为多点成型工艺验证试验，成功完成一中小型框架模的整体制造，为多点曲面成型工艺奠定了实践基础。

(3) 多点曲面成型工艺优点。①减化了工艺流程。取消了石膏模，取消或减少分块工序，从而也减少了分块取样、分块下料、成型及切割Y形对焊坡口等系列工序。②提高了型面精度及质量。由于作为基准的框架经过数控加工，其型面精度远远高于手工制造的石膏模型面，型板成型精度也大大提高，保证了型板加工后板厚的均匀性；采用整板成型，减少了分块拼焊，型面上基本去除了焊缝，也排除了焊缝可能引起的各种缺陷如夹砂、气孔、咬边和漏气等，提高了型面质量，100%排除了复框模漏气这一致命缺陷。③缩短制造周期，提高制造效率。工序的减化既减轻了操作工的劳动强度，也减少

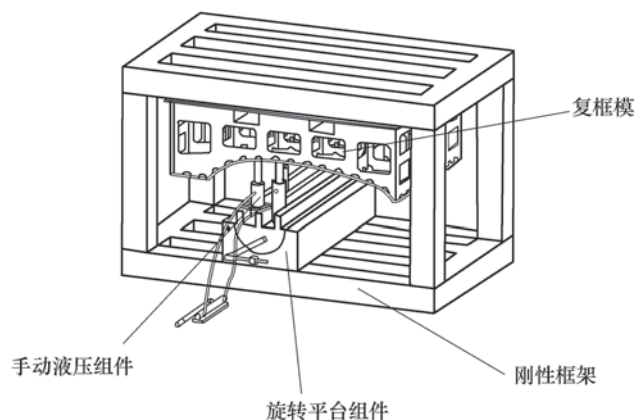


图 8



图 9

光阑架的铣削加工工艺

■ 苏州一光仪器有限公司 (江苏 215006) 王 金

摘要: 对光阑架在铣削加工过程中易变形的工艺难点进行分析, 提出具体的加工工艺流程和夹具设计方案, 不但解决了该零件的加工难题, 保证了零件质量, 还实现了该零件在我公司的稳定批量生产, 为同类零件的加工工艺提供借鉴。

1. 零件结构

我公司生产的光阑架零件 (见图1、图2) 材料是2A12, 生产批量大, 通过铣床加工成形。该零件在铣削加工过程中存在易变形的问题。我公司通过合理安排铣削加工工艺流程, 将粗、精铣加工工序分开, 并较好地控制铣削的切削用量, 增加时效处理

工序, 使加工后的零件满足了图样的各项技术要求。

2. 工艺难点分析

该零件所采用的2A12硬铝材料本身存在一定的内应力, 且受铣削加工产生的切削热影响, 更容易产生变形。该零件的壁厚不均匀, 尤其是尺寸为 (1 ± 0.1) mm 的壁厚较薄, 待铣削加工完毕的

零件冷却后, 该薄壁变形较大, 严重影响了零件质量。此外, 该零件的 45° 斜面在加工过程中所产生的切削力也容易导致零件变形。

3. 铣削加工工艺流程

通过以上工艺难点分析, 我公司优选了较为恰当的铣削加工工艺流程 (见图3), 确定了零件

了制造时间, 与传统复框模制造法相比, 节约了60%以上的工时, 操作工由原来的3~4人减少到2人。④无需贵重的专用设备, 所占资金比重小。多点曲面成型法唯一牵涉到的大型设备就是框架的数控加工设备, 但数控工序也可根据自身实力进行社会化协作, 与柔性数控曲面成型机及大型液压研模机动辄上千万元相比也是不足一提的。除此之外就是一些液压缸及手摇泵, 都是一些小金额成品, 既实用又便于维护。

6. 结语

多点曲面成型法对航空复框模制造来说是最实用的技术, 是

我们非标制造车间众多一线操作工的经验升华, 是多年复框模制造经验的总结, 是车间制造技术摸索和突破的结果。它的推广应用必将继续奠定车间在复框模制造方面的国内领先地位, 在航空航天广泛使用复合材料零件的今天, 复框模的制造也必将迎来新的迅猛发展。

参考文献:

- [1] 邓文英. 金属工艺学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [2] 成大先. 机械设计手册[M]. 3版. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [3] 王春行. 液压控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

MW (收稿日期: 20141023)



文章阐述了复合材料框架模的三维曲面成型技术, 重点探讨框架毛坯的制造成型工艺。文章的专业性很强, 也很实用, 在模具制造行业中具有很好的指导意义。