

圆柱面方孔四周清角加工工艺研究

龚桓

(贵州航天电器股份有限公司 贵州 遵义 550009)

摘要：本文以某款解锁套圆柱面方孔清角结构为例，分析数控加工工艺过程中遇到的技术瓶颈问题，包括按需求应在圆柱面上加工出清角方孔；提出数控加工过程中的工艺方案，验证分析各类方案优缺点等。通过选择最优工艺路线以保证加工零件的质量，提高加工效率，减少工装夹具开制，缩短零件加工周期，降低加工成本，为从事此类结构零件加工领域的工艺及操作人员提供参考方案。

关键词：效率提升；数控加工；工艺路线

0 引言

解锁套类零部件，一般为连接器装配的关键部件，它们大多具有复杂的内部结构以及特殊的外形要求，尺寸以及形位公差精度要求高。由于其属于薄壁类零件，在加工过程中受力易出现变形、椭圆等情况，造成尺寸超差的现象。随着连接器不断向高精度方向发展，对此类零件的加工要求也日益提高，不仅要满足图纸尺寸要求，而且还需缩短零件的交货周期。此类零件圆柱面上需加工方孔并保持其为清角状态，为保证上述要求，现工艺采用线切割加工方孔保证其清角状态。

1 零件结构特点分析

此类解锁套使用的材料为铝合金-2A12-T4，属于铝-铜-镁系列中的典型硬铝合金。此款材料为可热处理强化的铝合金，由于零件为中空结构，材料去除率高，加工后为避免出现变形等情况需进行低温去应力热处理工序。图 1 为圆柱面方孔四周清角局部图。方孔相对位置要求高，需保证为清角状态，使得与之配合的卡沟能装配到位。此处清角方孔为此款零件加工的难点。

2 圆柱面清角方孔加工方案设计

2.1 线切割割进清角加工方孔

车削成形 A → 车削成形 B → 线切割 → 去毛刺 → 低温去应力 → 抛丸 → 化学镀镍 → 入库。

2.1.1 车削成形 A

从方孔端开始加工，将外形特征全部加工出，并在方

孔中心位置加工出 $\phi 0.5$ 的穿丝孔，以便线切割钼丝在相对位置进行装入后加工清角方孔。

2.1.2 车削成形 B

对零件内腔及尾部特征进行加工，保证零件除方孔外的其他尺寸均满足图纸要求。

2.1.3 线切割

制作线切割割方孔专用夹具，保证方孔的相对位置及尺寸；穿入钼丝对六方孔进行清角加工，需进行三次钼丝装入，加工过程如图 2。



图 2 线切割加工过程

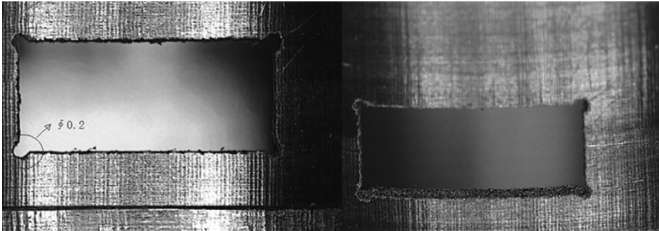


图 3 线切割加工方孔位置状态及线切割断面状态

2.2 铣刀铣进清角加工方孔

车削成形 A → 车削成形 B → 去毛刺 → 低温去应力 → 抛丸 → 化学镀镍 → 入库。

2.2.1 车削成形 A

从方孔端开始加工，将外形特征全部加工出，采用 $\phi 1$ 铣刀铣出孔后采用 $\phi 0.3$ 铣刀对方孔进行铣进清角，由于共有 6 个方孔、24 个清角，所以每个零件需进行 24 次铣刀铣进清角，不仅对刀具磨损较大，而且加工效率很低，严重影响了零件交付期，提高了加工成本。

2.2.2 车削成形 B

对零件内腔及尾部特征进行加工，保证零件除方孔外的其他尺寸均满足图纸要求。

2.3 自制插削清角刀具加工方孔

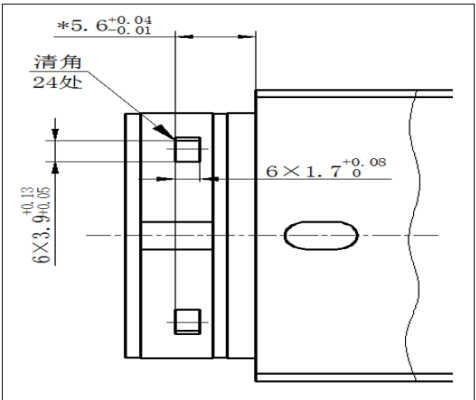


图 1 某款圆柱面清角方孔局部图

车削成形 A → 车削成形 B → 去毛刺 → 低温去应力 → 抛丸 → 化学镀镍 → 入库。

2.3.1 车削成形 A

从方孔端开始加工，将外形特征全部加工出，采用 $\phi 1$ 铣刀铣出孔如图 4。利用刀塔斜向移动特性，使用自制插削清角插刀对方孔进行清角加工。自制刀柄以及清角插刀放置于 $\phi 12$ 套筒内，将刀具进行固定。图 5 为该方案加工后方孔放大图。

2.3.2 车削成形 B

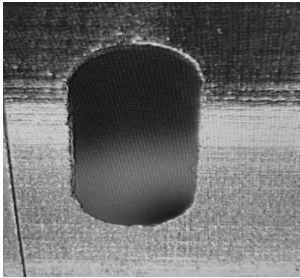


图 4 铣刀加工方孔图

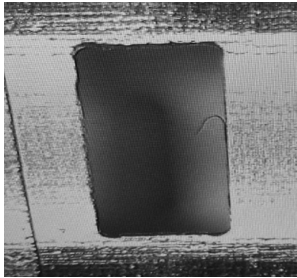


图 5 该方案加工方孔放大图

对零件内腔及尾部特征进行加工，保证零件除方孔外的其他尺寸均满足图纸要求。

3. 各类方案优缺点分析

3.1 线切割割进清角加工方孔

采用此方案在加工过程时，六方孔、外凸键、外圆标识槽以及尾端孔之间相互具有位置度要求，如上零件图所示，需制作专用夹具进行定位，二次装夹存在定位误差。由于钼丝的放电加工特性，利用线切割进行加工每次只能完成对称两个方孔的加工，需对夹具进行三次旋转才能加工出六个方孔，经统计六个方孔清角工序加工时长为 24min/ 件。

除上述加工效率低以外，采用线切割方案加工还具有以下缺点：

(1) 该零件材料为铝棒 2A12，线切割加工是以钼丝放电腐蚀作为加工原理进行，在加工过程中可能出现电腐蚀现象，导致零件报废。线切割加工在部分材料以及高精度要求的产品上已被列为禁限用工艺。

(2) 该零件需进行三次旋转才能将六个方孔加工到位，由于夹具每次定位均需人工进行调整控制，加工出的方孔存在对称度一致性差的现象，加工完成后的零件需在投影仪上进行 100% 检验，避免加工零件对称度无法满足图纸要求，导致后续无法装配到位的现象。

(3) 线切割加工表面粗糙度较差，可能存在其他隐患。

3.2 铣刀铣进清角加工方孔

缺点：

(1) 采用该方案进行加工，受设备功能影响较大，加工设备必须具有 Y 轴移动功能，保证刀塔能在 Y 轴上进行移动，否则加工出来的方孔对称度无法得到保证。

(2) 利用 $\phi 0.3$ 铣刀进行加工，由于刀具直径较小，在加工过程中极易出现磨损，换刀频繁、刀具成本高，且刀具每次进给只能对一个位置进行清角加工。上述零件需进行

24 处位置清角，至少需完成 24 次刀具进给，加工效率低，无法满足实际加工效率需求。

3.3 自制插削清角刀具加工方孔的优势

3.3.1 新刀具设计

采用此方案进行加工，在设备受功能局限的情况下，利用主轴与刀塔套筒刀具的装配位置关系，实现无 Y 轴刀塔设备，刀塔斜向移动进给完成方孔清角加工，采用自制清角插刀刀柄、刀片形式，实现车削中心插削清角的功能，解决了方孔清角在我司车削中心上无法加工的难点。

3.3.2 质量提升

(1) 使用车削中心对方孔进行加工，避免了零件在线切割割孔时多次定位装夹误差造成六方孔之间相对位置要求无法满足使用要求的现象。

(2) 避免了线切割钼丝放电特性所导致的零件方孔内出现电腐蚀现象、孔内光洁度无法满足要求等现象。

3.3.3 降本增效

降本：采用车削中心加工一次成形，减少了零件的周转过程，避免线切割割方孔工序，节省线切割加工方孔时间，极大降低了该类零件的加工成本；

增效：采用此方案进行加工，清角刀具每次进给可完成一个方孔四个位置的清角加工，完成六个方孔清角仅需完成刀具进给六次，每件零件在原有车削成形 A 基础上仅需增加 1min 即可完成六方孔的加工，提高了生产效率，减少了此款零件长期占用线切割设备的情况。表 1 为两种方案加工时间对比表。

表 1 加工效率对比表

该款清角方孔零件			
原工艺	时间	现工艺	时间
车削成形 A	19min	车削成形 A	20min
车削成形 B	9min	车削成形 B	9min
割方孔	24min	/	/

4. 结语

本文针对圆柱面方孔四周清角的数控加工工艺方案进行了探索与研究，采用本文所述自制插削清角刀具加工技术，可在设备功能局限的情况下加工出清角方孔。与其他方案进行对比，此方案无论从加工成本、质量提升、设备有效利用率等方面均得到极大的提升，可在同类清角方孔的加工过程中进行推广与应用。

参考文献：

[1] 浦艳敏, 李晓红著. 金属切削刀具选用和刃磨 [M] 北京: 化学工业出版社 2012.
[2] 曾志新 吕明. 机械制造技术基础 [M] 武汉: 武汉理工大学出版社 2010.
[3] 袁哲俊, 刘华明著. 金属切削刀具设计手册 [M] 北京: 机械工业出版社 2009.

作者简介：

龚桓 (1993-)，男，汉，28 岁，贵州遵义，助理工程师，本科学历，主要研究数控设备加工工艺以及刀具研究方向，遵义精星航天电器有限公司。