铝合金方形深孔的加工

申子文[1]，马远斌[1]，张震[1]，申明俭[2]

1．新程（营口）精密设备有限公司　　辽宁营口　　115009

2．沈阳仪表科学研究院　　辽宁沈阳　　110043

摘要：通过设计和制造一种方形孔摆动冲刀，实现了方形孔的加工，经实际生产验证，完全满足客户技术要求，为类似方形孔的加工，提供了参考。

关键字：摆动冲刀；方形深孔；铝合金

1　序言

方形孔的设计和应用在装备制造业中有着不可替代的作用，相对于圆孔而言，其加工难度大、效率低、费用高，常用加工方法有线切割、电火花、成形拉刀切削、插削以及莱洛三角形铣削加工等。

线切割法与电火花法原理上均为电蚀加工，效率低、成本高且线切割需要手动穿丝，存在加工定位误差的问题。成形拉刀与插削法适用于键槽及厚壁孔加工，加工时产生的切削力较大，不适合加工薄壁孔件。莱洛三角形铣削加工法仅适用于正多边形孔的加工，且加工后孔内壁相交处不能清根，会残留较小的圆角。

在某型号产品加工过程中，需要在工件圆周方向加工出60处28mm×16.5mm的方形通孔，公差为±0.1mm，通孔深度为60mm，要求表面粗糙度值*Ra*=3.2μm，材质为AlSi7Mg铸铝合金，整体结构如图1所示。

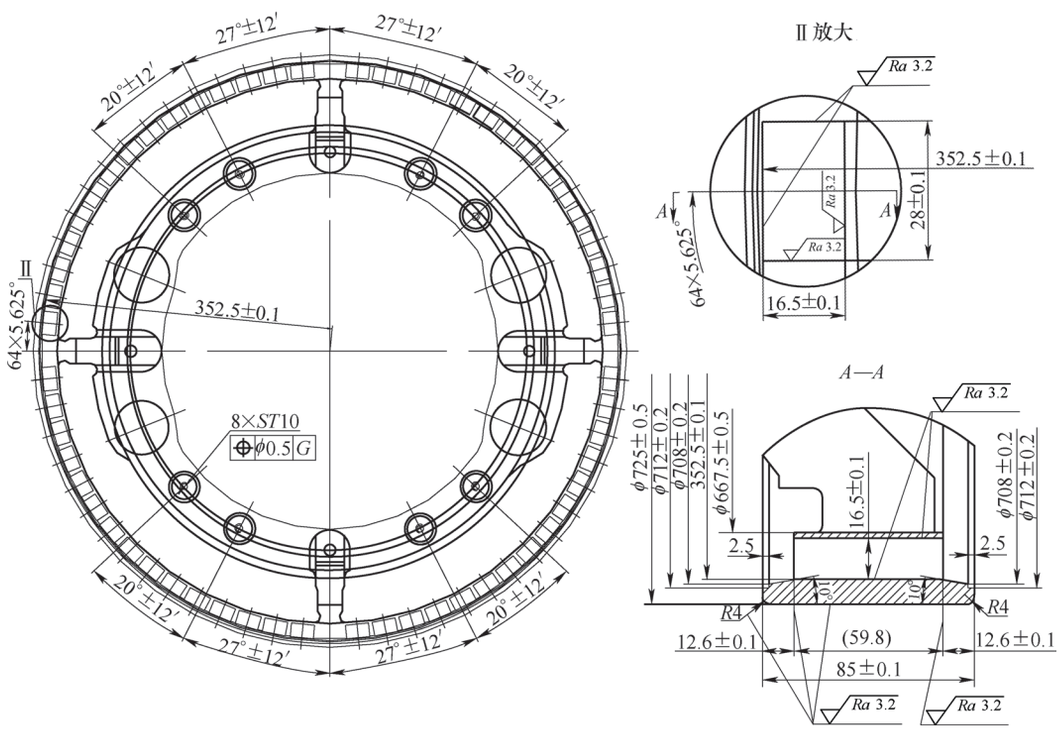

图1　产品整体结构

2 传统加工方案

结合常规加工方法及现有设备配置条件，采用线切割加工。加工前，在该工件各个方形孔的几何中心处预钻ϕ10mm圆孔，工件使用销孔定位，逐个孔进行手工穿丝，碰丝找正。装夹找正均存在误差，容易对各个孔的位置度造成较大偏差，且线切割完成后，内表面形成氧化层，需钳修去除，不易操作，加工时间长，效率低。

3 新工艺方案

针对以上问题，考虑铸铝合金材质硬度相对较小，在铣削加工的基础上，设计制作可以清角的摆动冲刀，配合机床主轴的转动和轴向进给，将R角冲削掉，以解决方孔的清角问题。加工方案如下。

1）在冲孔工序前，将60处28mm×16.5mm方形孔，使用ϕ10mm合金铣刀配合数控机床将其加工至图样尺寸，如图2所示。

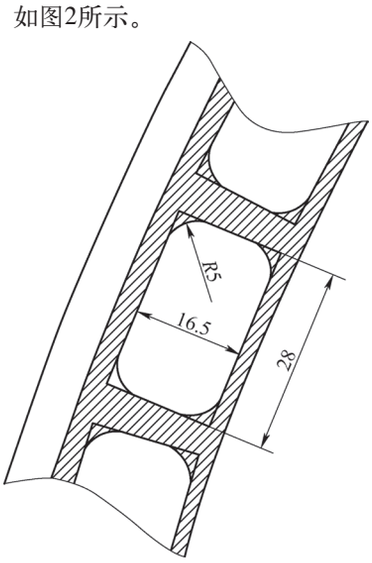

图2 方形孔

2）使用摆动冲刀，配合导向工装，在镗床上冲削掉R5mm圆角。

3.1 冲刀设计

冲刀为成形刀具，考虑工件材质为铸铝合金，硬度较小，易于冲削，故选用W18Cr4V高速钢为刀体材质，刀体部分大致呈棱台状，刀尖处设有排屑倾角，冲刀前端尺寸为28mm×16.5mm，与方孔尺寸一致，如图3所示。冲刀在加工过程中沿机床主轴轴线运动，以刀尖端几何中心为顶点，2α为锥角，在主轴的带动下形成圆锥摆动，4处刀尖间断冲削方孔的4处R角，实现清角的目的。

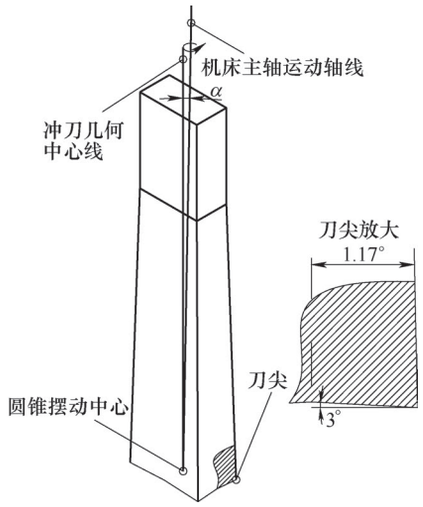

图3 冲刀

3.2 刀体摆动机构设计

刀体摆动机构如图4所示。当机床主轴带动偏心转轴1及圆锥滚子轴承2转动并提供轴向推力时，鱼眼轴承4带动冲刀8实现万向摆动并提供冲削力。为了防止冲刀在方孔内扭转，设计冲刀的后角与刀体按圆锥摆动锥角角度的1/2相等，均为α，即在冲刀摆动过程中刀体侧面与方孔的侧壁贴合，避免了刀体在摆动过程中发生扭转。方孔在初始冲削时，在

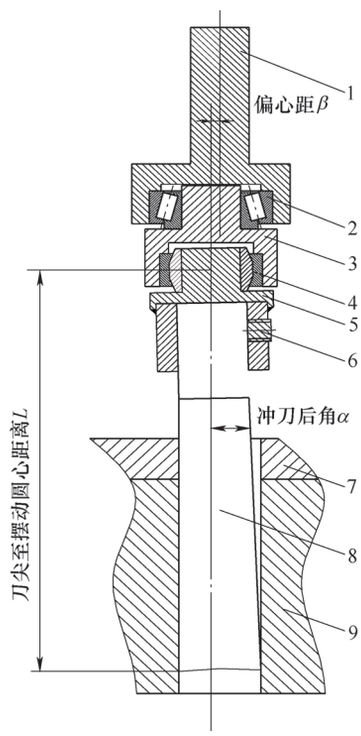

图4 刀体摆动机构

1—偏心转轴 2—圆锥滚子轴承 3—转换轴套 4—鱼眼轴承
5—刀夹 6—顶丝 7—导向工装 8—冲刀 9—预铣孔工件

铣削后的方孔端面固定导向工装7，以保证冲刀在初始冲削时的旋转方向与方孔一致，工件与导向工装的定位如图5所示。

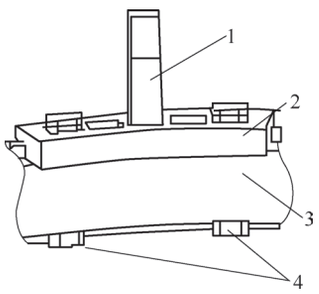

图5　工件与导向工装的定位

1—振动冲刀　2—导向工装　3—工件　4—定位销

冲刀设计要素见式（1），设计参数见表1，摆动冲刀如图6所示。

$$\beta=L\times\tan\alpha \qquad (1)$$

式中，β为偏心距（mm）；L为刀尖中心至摆动圆心距离（mm）；α为冲刀后角（°）。

表1　摆动冲刀设计参数

项目	参数
方形孔尺寸/mm×mm	28×16.5
方孔深度/mm	60
刀尖中心至摆动圆心距离L/mm	147.25
排屑倾角/（°）	3
摆动锥角2α/（°）	2.34
冲刀后角α/（°）	1.17
冲刀后角正切值tanα	0.02042
偏心转轴偏心距β/mm	3

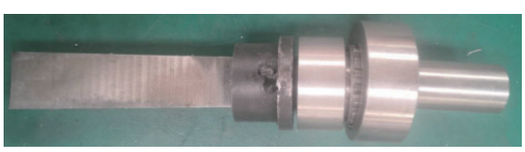

图6　摆动冲刀

4　方案实施

配合弯板将工件和导向工装固定好后，使用沈阳机床股份有限公司生产的TXP6113卧式镗铣床进行冲削，其主轴转速100r/min，Z轴进给量0.08mm/r。通过一次装夹，完成60处方孔的冲削加工，工艺稳定，加工合格率为100%，单孔加工时间＜10min，加工后成品如图7、图8所示。改进工艺前、后加工工时及质量效果对比见表2。

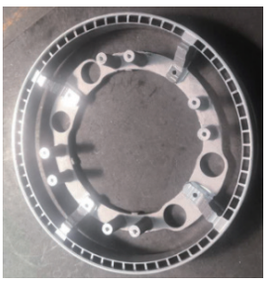

图7　加工成品

图8　加工成品细节

表2　改进前、后对比

加工工艺	方孔加工方法	单孔加工时间/min	质量效果
改进前工艺	线切割	45	孔的相对位置度难保证，质量不稳定
	钳修去氧化层	30	
改进后工艺	铣孔	6	质量稳定
	摆动冲刀清角	10	

5　结束语

采用预铣孔与摆动冲刀冲孔相结合的方法加工方形孔，实现了一次定位装夹完成多孔加工，保证了各个孔的位置度要求，提高了生产效率。

参考文献：

[1] 韩勇. 加工方孔用推刀的设计与制造[J]. 金属加工(冷加工)，2017（12）：47-48.

[2] 袁哲俊，刘献礼. 金属切削刀具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2009.

MW 20201106

金属加工视频号开通了，欢迎关注！

金属加工视频号是装备制造业领域的专业视频号，由创刊于1950年的《金属加工》（包括冷加工和热加工两刊）和金属加工在线（mw1950.com）共同运营，开通以来陆续形成系列栏目，包括金属加工要闻、金属加工对话、金属加工新闻速递、金属加工在线论坛、加工真奇妙、机制过人和刀具小讲堂等。

扫描上方二维码，
关注金属加工视频号