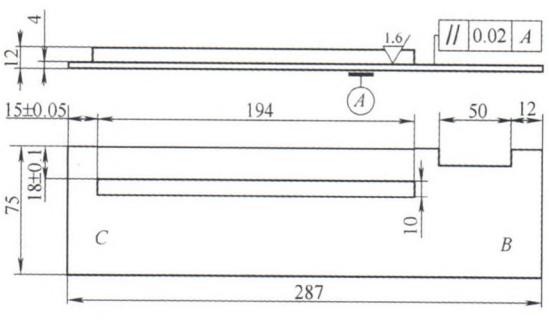
薄壁镜框安装座板铣削精度试验分析

■ 北方光电股份有限公司 （陕西西安 710043） 张 勇 秦 刚 李 群 刘永芳

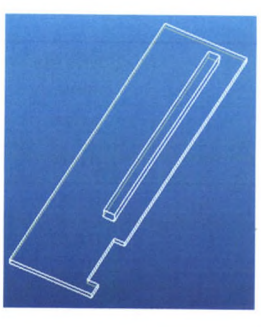
摘要：铝合金薄壁镜框安装底板铣削时，因定位面接触精度差引起颤振，刚性差，零件极易产生变形，致使表面粗糙度、平行度超差。借助正交试验，对表面粗糙度、平行度的测量结果进行分析，研究总结了铣削参数对表面粗糙度、平行度的影响规律，并确定出最佳铣削参数。

1. 零件结构及加工难点分析

铝合金材料质量轻、性能稳定，在光学结构件中得到了广泛应用。图1所示的铝合金薄壁镜框安装底座，安装底面长287mm、宽75mm、大面厚度仅4mm，中间上部有长194mm、宽10mm、高度8mm的连接筋板，要求安装底面相对基准*A*的平面度0.02mm，表面粗糙度值R_a<3.2μm。从零件结构上分析，零件板厚与轮廓尺寸之比<1：20就称为薄板零件，而该零件板厚与轮廓尺寸之比<1：70，是典型的薄板类零件，其薄弱结构在薄板水平方向上，平行度很难保证。针对此问题，有必要通过分析加工流程，采取铣削试验的方法研究解决。



(a)



(b)

图1 薄壁镜框安装底座

2. 改进工艺流程

加工零件时，材料选择厚14mm的铝合金板料，原工艺流程为：高速水射流设备切割→铣四方及缺口→热处理校平→加工基准面→铣镜框安装底面。由于铣削余量大，图1所示*B*端水平方向上翘曲，平行度超差严重，表面粗糙度也达不到要求。为减小切削余量及切削应力的影响，对原工艺进行优化调整，调整后的工艺流程为：高速水射流设备切割→铣四方及缺口→粗铣链接筋板两侧，厚度方向上留余量0.5mm→热处理时效→加工基准面→铣链接筋板两端与已加工面，留余量0.5mm→精铣镜框安装底面。

3. 试验方案

选用厚5mm、宽80mm、长300mm的铝合金板材作为试验试件，使用普通铣床（X52）进行铣削试验，选用刀尖圆弧半径0.1mm的三刃刀盘。采用三水平四因素正交试验，研究主轴转速、刀具切削刃数、切削深度分层数及每齿进给量对铝合金薄板件形位精度和表面粗糙度的影响规律。根据现有条件，分别选取主轴转速为750r/min、950r/min和1 180r/min，刀具刃数为单刃、双刃和三刃，切削余量分配为：1（0.5mm）、2（0.3mm、0.2mm）和3（0.2mm、0.2mm、0.1mm），每齿进给量为0.05mm/z、0.10mm/z和0.15mm/z。试验因素、水平的选择如表1所示。铣削试验后，用三坐标测量机测量对平面度、平行度进行综合评定，依据表面粗糙度样板，通过比

较法评定零件表面粗糙度。

4. 试验数据

选用三水平正交表$L_9(3^4)$，对9个试件严格按给定参数进行切削试验，试验数据如表2所示。

5. 试验数据分析

对试验数据按正交试验表的法则进行计算，分析各铣削参数对表面粗糙度的影响，可得到表3所示的分析结果。

对试验数据按正交试验表的法则进行计算，分析各铣削参数对平行度的影响，可得到表4所示的分析结果。

根据表3、表4的分析结果，分析铣削参数对表面粗糙度、平行度的影响，可得到如图2所示的结果，其中纵坐标主刻度对应表面粗糙度，纵坐标次刻度对应平行度。

由图2可以看出，表面粗糙度值随主轴转速的增大而减小，随切削刃的增多而增大，随切削余量分配层数的增多先增加后减小，随每齿进给量的增大而增大。平行度值随主轴转速的增大先增大后减小，随切削刃的增多而减小，随切削余量分配层数的增多而减小，随每齿进给量的增大先减小后略有增大。

根据表3、表4的R值大小，分析影响表面粗糙度、平行度各因素（铣削参数）的主次顺序为：每齿进给量、刀具刃数、主轴转速及切削余量分配。每齿进给量对表面粗糙度的影响最大，切削余量分配的影响最小；各因素对平行度的影响顺序为：每齿进给量、主轴转速、刀具刃数及切削余量分配，每齿进给量对平行度的影响最大，刀具刃数、切削余量分配对平行度的影响区别不明显。

从切削试验效果来分析，试件6和试件9切削时的两组铣削参数能获得较好的加工表面质量及形位精度，满足表面粗糙度、平行度的技术要求。但是试件9的铣削参数效率低下，应选择试件6的切削参数作为最佳参数组合，即：每齿进给量0.1mm/z、刀具刃数2、主轴转速1 180r/min、切削余量分配1。

表1　正交试验因素水平表

水平因素	主轴转速n/(r·min^{-1})	刀具刃数	切削余量分配层数	每齿进给量f_z/(mm·z^{-1})
1	750	单刃	1	0.05
2	900	双刃	2	0.10
3	1 180	三刃	3	0.15

表2　铝合金铣削正交试验表$L_9(3^4)$

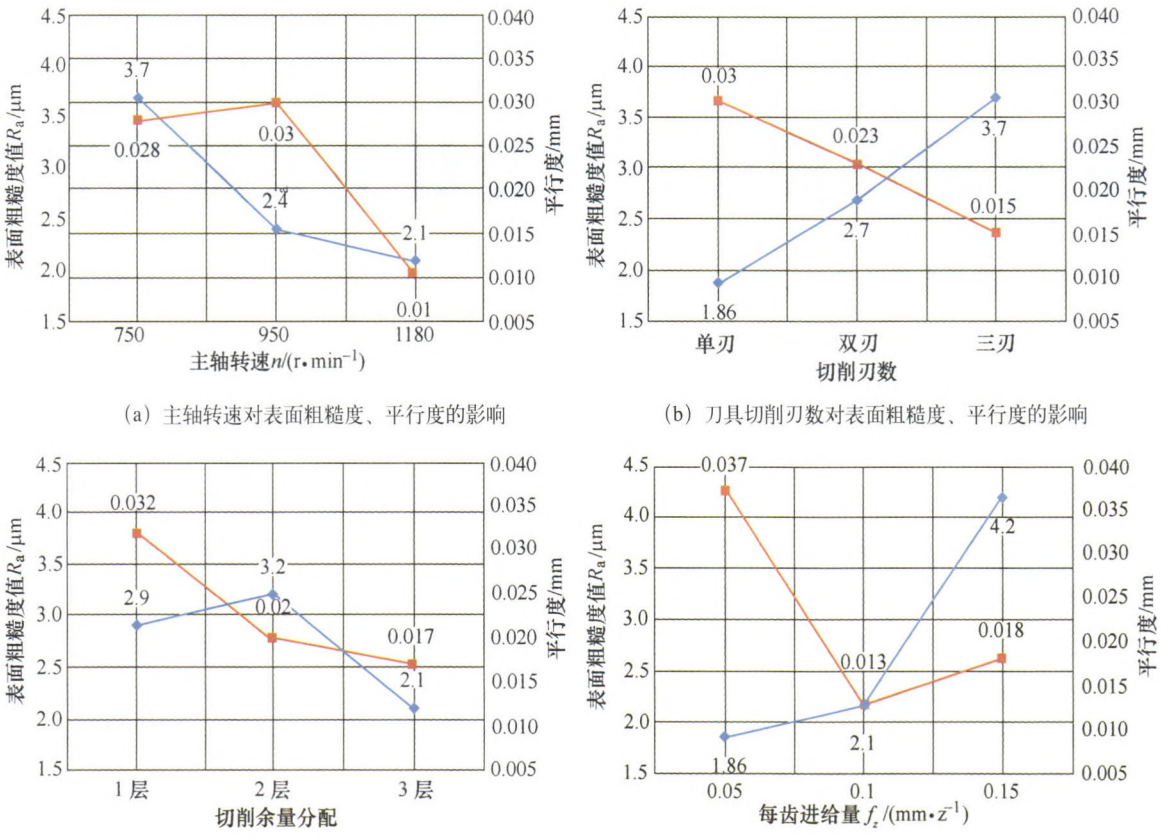
试件	主轴转速n/(r·min^{-1})	刀具刃数	切削余量分配层数	每齿进给量f_z/(mm·z^{-1})	表面粗糙度值R_a/μm	平行度/mm
1	750	1	3	0.10	1.6	0.020
2	950	1	1	0.05	0.8	0.060
3	1 180	1	2	0.15	3.2	0.010
4	750	2	2	0.05	3.2	0.040
5	950	2	3	0.15	3.2	0.020
6	1 180	2	1	0.10	1.6	0.010
7	750	3	1	0.15	6.3	0.025
8	950	3	2	0.10	3.2	0.010
9	1 180	3	3	0.05	1.6	0.010

表3　表面粗糙度试验参数分析表

	主轴转速n/(r·min^{-1})	刀具刃数	切削余量分配	每齿进给量f_z/(mm·z^{-1})
Ⅰ	11.1	5.6	8.7	5.6
Ⅱ	7.2	8	9.6	6.4
Ⅲ	6.4	11.1	6.4	12.7
K_1	3.7	1.86	2.9	1.86
K_2	2.4	2.7	3.2	2.1
K_3	2.1	3.7	2.1	4.2
R	4.7	5.5	3.2	7.1

表4　平行度试验参数分析表

	主轴转速n/(r·min^{-1})	刀具刃数	切削余量分配	每齿进给量f_z/(mm·z^{-1})
Ⅰ	0.085	0.090	0.095	0.110
Ⅱ	0.090	0.070	0.060	0.040
Ⅲ	0.030	0.045	0.050	0.055
K_1	0.028	0.030	0.032	0.037
K_2	0.030	0.023	0.020	0.013
K_3	0.010	0.015	0.017	0.018
R	0.060	0.045	0.045	0.070



(a) 主轴转速对表面粗糙度、平行度的影响

(b) 刀具切削刃数对表面粗糙度、平行度的影响

(c) 切削余量分配对表面粗糙度、平行度的影响

(d) 每齿进给量对表面粗糙度、平行度的影响

图2 铣削参数对表面粗糙度、平行度的影响

6. 结语

通过分析零件加工工艺流程，采取铣削正交试验，得出以下结论：

（1）铣削铝合金薄板零件时，每齿进给量为最敏感因素，选择时考虑到薄板件在水平方向上刚性差，要使切削余量、每齿进给量与刀尖圆弧半径之间合理匹配。

（2）铣削时主轴转速对铝合金薄板零件的铣削表面粗糙度的影响近似线性变化，为了减小表面粗糙度值，主轴转速应尽量高。

（3）铣削时刀具的切削刃数量对铝合金薄板零件的铣削表面质量、平行度的影响呈现近似线性变化，应在保证加工质量的前提下，尽可能增大切削刃数量，以提高加工效率。

（4）铣削时切削余量分配方式对铝合金薄板零件的铣削质量影响虽然最小，但应在保证加工质量的前提下，尽可能增大切削余量，避免反复多次加工，以提高加工效率。

参考文献：

[1] 张勇，李群，秦刚，等．铝合金薄壁棱镜座铣削精度的试验研究[J]．工具技术，2013(12)：65-67.

[2] 韩洪涛．机械制造技术[M]．2版．北京：化学工业出版社，2009.

MW（收稿日期：20161123）

2016～2020年越南基础设施投资需求巨大

日前，越南财政部与亚太基础设施合作伙伴共同组织举办了基础设施财政对话研讨会。会议透露，越南财政部拟制的2016～2020年越南基础设施建设投资需求约为4 800亿美元，其中包括11个总功率13 200MW的BOT电厂项目需投资400亿美元，1 380km长高速公路约需投资110亿美元。2017年越南财政部将主持亚太经合组织（APEC）财长会议，基础设施投资已确定为2月APEC副财长和央行行长会议及5月财长高官会讨论的主题。