

切削三要素对工件加工表面刀痕的影响

笕鑫祥 刘天群 贾梓滢

(沈阳城市建设学院 辽宁沈阳 110170)

摘要: 通过采用YBG102纳米包覆合金工具对高强度铝合金7075-T6进行干法切削,研究了各种切削参数对其表面形态的影响。研究发现,对工件表面粗糙度的影响最大,切削深度次之,切削速度次之;在保证切削效率的前提下,切削速度越快,切削深度越小,切削速度越快,切削深度越小,加工效果越好。三维曲面的几何形状很难用三个要素来调节,但是,刀具进给速度和深度对曲面的最大值的影

关键词: 高强铝合金; 切削三要素; 表面刀痕; 正交试验

Influence of Three Cutting Elements on Tool Marks on Workpiece Machining Surface

Xinxiang Da, Tianqun Liu, Ziyang Jia

(Shenyang Urban Construction Institute, Shenyang, Liaoning, 110170)

Abstract: The influence of various cutting parameters on the surface morphology of high-strength aluminum alloy 7075-T6 was studied by dry cutting with YBG102 nano coated alloy tool. It is found that the influence on the surface roughness of the workpiece is the greatest, followed by the cutting depth and the cutting speed; On the premise of ensuring cutting efficiency, the faster the cutting speed, the smaller the cutting depth, the faster the cutting speed, the smaller the cutting depth, and the better the machining effect. It is difficult to adjust the geometric shape of 3D surface with three elements, but the maximum value of the surface is more affected by the tool feed speed and depth.

Key words: high-strength aluminum alloy; Three elements of cutting; Surface knife mark; orthogonal test

切削三要素是最容易控制的工艺参数,对工件的表面形态也有很大的影响。由于大多数的研究都是基于平面曲面的算术平均误差Ra,而曲面的三维形态对工件的耐蚀性能有较大的影响。采用L4(9)正交试验,选择适宜的镀膜硬质合金工具,对7075航空铝合金在不同的工艺参数下进行了干法加工。本文主要探讨了不同的边界润滑条件对工件表面的几何特性参数的影响,采用三维形态学方

法,对加工工艺参数进行了观测和记录,并对加工工艺参数的变化规律进行了研究。

1 试验材料及方法

工件是一种由Al-Zn.Mg-Cu系的高强度铝合金7075-T6,其主要组成如表1所示。

表1 A17075-T6化学成分组成

元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
质量分数	0.4	0.5	1.7	0.16	2.5	0.24	5.6	0.2	余量

利用鑫盛机械制造的ADG15M数控机床进行了加工,其加工速度达到了8000 r/min。工件材质为7075-T6高强度铝合金,样品为 $\phi 60\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的圆棒,车削工具采用株洲金刚石YBG102纳米涂层的微粒合金工具,采用干法切削。本文利用三要素三水平正交实验法对7075-T6高强度铝合金进行了干车外圆实验,根据选取的经

验和有关理论,确定了各要素的正交试验要素。利用NANOVEAST400三维表面形貌仪(样品面积为 $3000\text{txm} \times 3000\text{lzm}$)进行了表面形态测量,并对其进行了二维和三维形态分析。表2、3列出了测试的分组方式和测试结果。

表2 试验要素水平表

	切削速度 v_c (m/min)	切削深度 a_p (mm)	进给量 f (mm/r)
水平1	100	0.1	0.15
水平2	300	0.2	0.20
水平3	500	0.3	0.25

表3 试验分组及测量结果

序号	v_c	a_p	f	R_a (μm)	S_z (μm)	S_p (μm)	S_v (μm)
1	1	1	1	1.067	19.27	10.454	8.826
2	1	2	2	1.373	19.208	12.905	6.4
3	1	3	3	2.036	39.136	18.328	20.805
4	2	1	2	1.713	33.223	18.086	15.136
5	2	2	3	1.606	22.766	12.685	10.087
6	2	3	1	1.963	28.977	15.292	13.676
7	3	1	3	2.168	25.233	13.03	12.203
8	3	2	1	1.005	29.952	15.544	14.407
9	3	3	2	1.424	12.166	6.765	5.396

注:切削速度为 v_c ,进给量为 f ,切削深度为 a_p , R_a 为平面的等值计算平均值; s_z 是最大的立体轮廓, s_p 是最大的平面,而 s_v 是最大的平面。

2 加工表面形貌测量结果分析

2.1 表面粗糙度 R_a 实验极差、方差分析

根据实测资料,将其整理成正交实验的极差分析表格(见表4、

5)。分析了影响表面算术平均偏差 R_a 值的各种要素(切削深度、进给速度、切削速度)。从极差分析结果可以看出,对轮廓面的计算平均偏差 R_a 的影响最大,其次是切削深度,最后是加工速度。此外,通过对表格头部设计留下的空白栏进行极差分析,发现其最大值在进料和切削速度之间,表明在试验中,忽略了其它对测试结果有重大影响的要素;例如,工件材料本身属性,切削力,切削热效应等。

表 4 试验结果凡直观极差分析

试验号	vc	ap	f	空列	Ra (μ m)
1	1	1	1	1	1.067
2	1	2	2	2	1.376
3	1	3	3	3	2.032
4	2	1	2	3	1.715
5	2	2	3	1	1.607
6	2	3	1	2	1.966
7	3	1	3	2	2.164
8	3	2	1	3	1.002
9	3	3	2	1	1.424
k1	4.488	4.947	4.043	4.092	
k2	5.277	3.989	4.516	5.505	
k3	4.595	5.433	5.7	4.754	
K1	1.493	1.645	1.348	1.363	
k2	1.762	1.326	1.503	1.834	
k3	1.534	1.817	1.935	1.583	
极差	0.266	0.488	0.585	0.474	
主次要素	f→ap→vc				
优选方案	F1ap2vc1				

研究表明,三个要素对表面粗糙程度的影响不大,表明了多个要素的耦合作用,而不是一个主要的要素;切削过程中的各种要素都会对切削变形、切削温度和切削力产生一定影响。相对地, F 检

验的进给量与 F 的阈值非常接近,从而得到更好的表面粗糙度;在加工工艺中,必须对各要素进行全面的调节,其中,进给是重点。

表 5 试验结果 Ra 方差分析

方差来源	离差平方和	F 值	F 临界值	显著性
切削速度	0.125	0.34	4.47	不显著
切削深度	0.363	1.052	4.43	不显著
进给量	0.556	1.616	4.45	不显著
误差	1.39			

对于表面算术平均偏差 Ra,指数值愈小愈好,选取相同要素相同水准测试的算术平均值 ki 最小值的水准,以做为最佳方案;理想的结合方式是 f1ap2vc1,也就是 0.2mm 的切削深度,0.15mm/min 的进给速度和 100 米/min 的切削速度。与其他两个要素相比,切削速度对加工表面粗糙度的影响显著降低,在极差分析表中 k1=1.495、

k3=1.532 之间差异不大,因此从加工效率的角度来看,更高的切削速度是最好的。所以, f1ap2vc3 是最理想的结合方式。

2.2 表面三维轮廓高度参数极差、方差分析

表 6 和表 7 是曲面立体剖面高度参数的极端差值和方差分析,其中, sp/sz (%) 是最大的表面峰的高度百分数。

表 6 表面三维轮廓高度参数极差分析

极差分析对象	vc	ap	f	空列
sz	5.862	2.772	7.512	16.037
Sp	3.576	0.396	2.094	7.355
Sv	2.295	3.025	5.425	8.683
Sp/£ (%)	0.034	0.063	0.077	0.065

表 7 表面三维轮廓高度参数方差分析

	F 值			F 临界值
	vc	ap	f	
Sz	0.384	0.092	0.633	4.47
Sp	0.725	0.003	0.248	4.47
Sv	0.173	0.295	0.966	4.47
Sp/SJ%)	0.163	1.167	1.663	4.47

从极差分析的结果可知,曲面的三维面高参数 sz、sp、sv 的空列最大值是最大的,这表明曲面的三维形态的高度参数并非是由三个要素决定的,因此可以考虑在实际加工中的材料均匀度、工具状况等要素。仅就三个要素的影响来看,它们对主次关系的影响是不同的。主次要素对 sz 的影响依次是 f→vc→ap; Sp 的主要次要素是 vc→f→ap; 主次要素对 sv 的作用依次是 f→ap→vc。而在切削加工中,由于表面波峰是形成表面突起的较弱的一部分,其对切削温度和切屑的生成速度有很大的影响;而最大的三维轮廓高度 sz 是 sp 和 sv 之和,所以对进给的影响最大,其次是切削速度。通过对 sz、sp、sv 的方差分析,发现切削三要素对曲面的三维外形参数没有明显的影响,且与极差分析的结果相吻合。对于最大高度百分数 sp/sz (%) 的最大值,最大值为进给速度 f 的相应列,其次是切削深度。结果表明,通过调整三个要素(特别是进给速度和切削深度)可以有效地控制表面的峰高,提高加工表面的精确度。

3 结语

本文对航空铝合金在干切削过程中的表面形态进行了分析,得

出如下结论:(1)切削三个要素对表面算术平均偏差 Ra 的影响最大,而进给量对其影响最大,切削深度次之,切削速度次之。(2)切削三个要素对三种形状参数的影响都不大,最大高度的最大值是由进给量和切削深度决定的。(3)从切削效率的角度来看,最优的切削速度、中等切削深度和较少的切削速度是最优的。

参考文献:

[1]岳修杰,张平,宋爱利,等.7050-T7451 铝合金干切削表面完整性研究[J].有色金属工程,2021,11(3):9.
 [2]马立元,黄鹏.钛基合金切削加工过程中刀具优化研究[J].工具技术,2021,55(9):98-101.
 [3]闫奎呈,田宪华,刘亚,等.(Ti,Al)N+TiN 涂层硬质合金刀具加工铁基高温合金正交切削试验研究[J].工具技术,2020,54(5):6.
 [4]杨样,陈爽,高位.切削三要素对钛合金薄壁件变形的影响试验研究[J].机械研究与应用,2020,33(5):4.