

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.04.014

PET 吹塑模型腔高速精加工表面粗糙度实验研究

杜海清

(浙江工业职业技术学院,浙江绍兴 312000)

摘要: 针对聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 吹塑模型腔曲面精加工表面质量要求,为减少抛光作业工作量,提高型腔零件制造效率,通过高速铣削实验分析 1.2085 葛利兹模具钢精加工表面粗糙度 (R_a) 随切削参数的变化规律。结果表明, PET 吹塑模型腔零件常用的 1.2085 葛利兹模具钢在 200~300 m/min 的高速加工速度区间, R_a 随切削速度 (V_c) 变化无单调增减规律,但选择偏小的径向切削深度 (a_e) 和每齿进给量 (f_z) 获得的 R_a 亦小,当轴向切削深度 (a_p) 选择在 0.05~0.25 mm 之间时, $a_p=0.15$ mm 获得的 R_a 值最小。各切削参数对 R_a 的影响顺序为: $a_p > a_e > V_c > f_z$ 。

关键词: 型腔零件; 高速加工; 表面粗糙度

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)04-0055-03

Study on PET Blow Mould Cavity High Speed Finishing Surface Roughness

Du Haiqing

(Zhejiang Industry Polytechnic College, Shaoxing 312000, China)

Abstract : Focus on the requirements of polyethylene terephthalate (PET) blow mould cavity finishing surface quality, in order to reduce the workload of the polishing operations and improve the manufacturing efficiency of the cavity parts, the change law of 1.2085 Gröditz mold steel high-speed finishing surface roughness with the variation of the cutting parameters was analyzed through high-speed milling experiment. The results show that when 1.2085 Gröditz mold steel used in PET blow mould cavity part is in high speed processing speed interval of 200 m/min ~ 300 m/min, there is not a merely increasing or decreasing law for the surface roughness (R_a) with the cutting speed changes. However, R_a decreases when the values of radial cutting depth (a_e) and feed per tooth (f_z) are small. When the axial cutting depth (a_p) is between 0.05 ~ 0.25 mm and $a_p=0.15$ mm, the minimum value of R_a can be obtained. The influence order of various cutting parameters on R_a is : $a_p > a_e > V_c > f_z$.

Keywords : cavity parts ; high-speed machining ; surface roughness

型腔零件作为聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 吹塑制瓶模具的核心组成部分,是吹塑制品成型的关键。其加工制造工时占吹塑模具生产周期的 2/3 以上,对模具制造周期、质量和成本有着重要的影响^[1]。文献研究表明:国内外有关型腔零件加工参数优化的研究主要集中在型腔曲面加工的优化方面^[2-5]。优化途径主要分为三类:一是基于传统优化算法的方法;二是基于实验的优化方法;三是基于智能优化算法的方法。不少资料也对刀具序列选择^[6-7]、走刀路径规划^[5,8]等分别作了详细研究,大大改善了型腔零件的加工效果。

为获得高质量 PET 吹塑制品,吹塑模型腔曲面需进行抛光处理,而作为其前道工序的机加工表面粗糙度 (R_a) 对抛光工序的加工余量影响很大^[9]。为考查 PET 吹塑模型腔零件高速精加工表面质量,采用实验的方法研究 R_a 随切削工艺参数的变化规律,

并对高速加工的工艺参数进行优选,为 PET 吹塑模具型腔零件切削参数的合理选择提供科学依据。

1 实验方案设计

1.1 实验条件

实验采用的铣削设备为 DMU60 高速数控加工中心, X/Y/Z 轴行程为 730/560/560 mm, 最大进给速度 30 000 mm/min, 其非标配主轴的转速高达 24 000 r/min。高速铣削采用的刀具为 SANDVIK CoroMill Plura 整体硬质合金涂层球头铣刀, 刀具型号为 R216.42-06030-AI06G 1620。实验刀具安装在 HSK A40 ER 弹簧夹头型高速切削刀柄上, 刀具悬伸量为 37 mm。切削方式为直线顺铣方式。冷却方式以空气冷却为主, 辅以微量切削油

联系人: 杜海清, 高级技师, 主要从事塑料模具零件数控加工技术研究

收稿日期: 2013-02-07

润滑。

1.2085 葛利兹模具钢采用电渣冶炼重熔技术,钢锭纯度高、非金属夹杂物少、表面光滑洁净、金相组织和化学成分均匀致密,是 PET 吹塑模型腔零件的常用材料。选择尺寸为 150 mm × 50 mm × 30 mm 的矩形块状 1.2085 葛利兹模具钢为被加工对象,经粗加工获得 90° 台阶状轮廓,并消除表面缺陷对实验结果的影响,切削实验如图 1 所示。

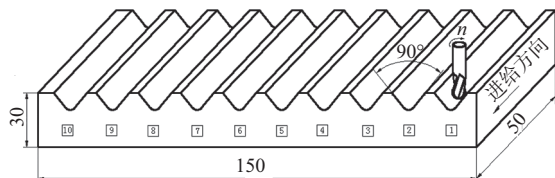


图1 高速加工切削实验示意图

1.2 实验方案

以切削速度 (V_c)、每齿进给量 (f_z)、径向切削深度 (a_e) 和轴向切削深度 (a_p) 等 4 个切削参数作为实验因素,分别设定 5 个水平值,如表 1 所示。固定第“3”水平任意三个因素取值,变化另一因素取值,可以得到 20 组铣削实验参数,但其中有 4 组的实验参数相同,因此,需进行 17 组切削实验。

表1 高速精加工单因素铣削实验因素水平表

因素	水平				
	1	2	3	4	5
$V_c / (\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	200	225	250	275	300
$f_z / (\text{mm} \cdot \text{tooth}^{-1})$	0.05	0.075	0.1	0.125	0.15
a_e / mm	0.06	0.1	0.14	0.18	0.22
a_p / mm	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25

高速铣削加工获得的工件表面刀痕间距均匀、切削纹理清晰,具有比较强的规律性^[10], R_a 的测量往往垂直于进给方向取样。使用 SURFTEST SV-3100W4 型表面粗糙度仪,如图 2 所示,将实验零件置于 90°V 型块中,使被测量面处于水平位置,设定取样长度为 4.8 mm。鉴于测针在启动加速段和停止减速段的行程分别为 0.4 mm,实际轮廓粗糙度分析范围取 4 mm。

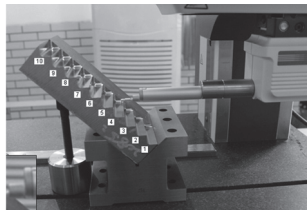


图2 表面粗糙度检测

2 实验结果与分析

测量每组铣削实验零件表面 3 个点的 R_a ,并取

其算术平均值。测量结果和平均值如表 2 所示, R_a 平均值变化区间为 0.289 ~ 1.314 μm 。

表2 高速精加工单因素铣削实验测量结果

实验 编号	$V_c /$ ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	$f_z /$ ($\text{mm} \cdot \text{tooth}^{-1}$)	$a_e /$ mm	$a_p /$ mm	R_a 平均值 / μm
1	200	0.1	0.14	0.15	0.4193
2	225	0.1	0.14	0.15	0.4170
3	250	0.1	0.14	0.15	0.4400
4	275	0.1	0.14	0.15	0.4190
5	300	0.1	0.14	0.15	0.4593
6	250	0.05	0.14	0.15	0.4017
7	250	0.075	0.14	0.15	0.3957
8	250	0.125	0.14	0.15	0.4670
9	250	0.15	0.14	0.15	0.6017
10	250	0.1	0.06	0.15	0.2890
11	250	0.1	0.1	0.15	0.3760
12	250	0.1	0.18	0.15	0.9250
13	250	0.1	0.22	0.15	1.3140
14	250	0.1	0.14	0.05	0.6587
15	250	0.1	0.14	0.1	0.6330
16	250	0.1	0.14	0.2	0.6287
17	250	0.1	0.14	0.25	0.6310

2.1 V_c 对 R_a 的影响

R_a 随 V_c 的变化规律如图 3 所示。

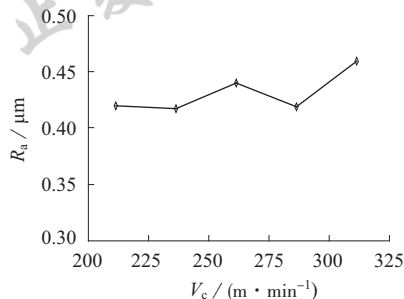


图3 R_a 随 V_c 的变化规律

5 种不同的高速加工切削速度下,被加工零件的 R_a 值介于 0.4170 μm ~ 0.4593 μm 之间,变动范围仅为 0.0423 μm ,变化并不明显。实验结果表明:1.2085 葛利兹模具钢在 200 m/min ~ 300 m/min 的高速加工速度区间, V_c 对 R_a 值的影响不大, R_a 随 V_c 变化无单调增减规律。

2.2 f_z 对 R_a 的影响

R_a 随 f_z 的变化规律如图 4 所示。

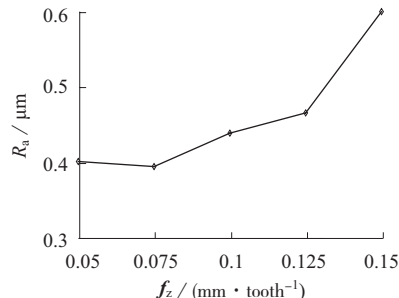


图4 R_a 随 f_z 的变化规律

当 f_z 大于 0.125 mm/tooth 时, R_a 明显增大。 f_z 在 $0.05\sim 0.125\text{ mm/tooth}$ 之间时, R_a 变动范围较小,增幅平缓,在 f_z 为 0.075 mm/tooth 时出现低点,但总体呈线性增长趋势。这说明在高速加工时 f_z 对于 R_a 影响的总体规律为: R_a 随 f_z 的增加呈逐渐增大的趋势。

2.3 a_e 对 R_a 的影响

R_a 随 a_e 的变化规律如图5所示。

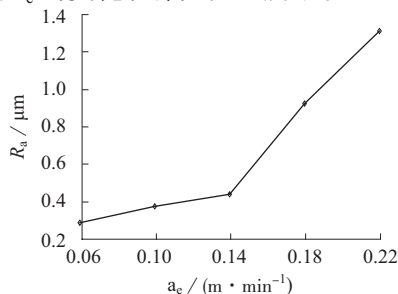


图5 R_a 随 a_e 的变化规律

$a_e > 0.14\text{ mm}$ 时, R_a 急剧增大,增幅甚至达 $0.485\text{ }\mu\text{m}$ 。 a_e 在 $0.06\sim 0.14\text{ mm}$ 之间时, R_a 增幅平缓,但依然呈线性增长趋势。实验结果表明:选择偏小的 a_e 获得的 R_a 亦小。

2.4 a_p 对 R_a 的影响

R_a 随 a_p 的变化规律如图6所示。

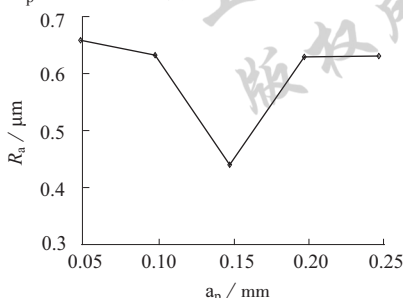


图6 R_a 随 a_p 的变化规律

$a_p \leq 0.1\text{ mm}$ 与 $a_p \geq 0.2\text{ mm}$ 时, R_a 均处于 $0.6287\sim 0.6587\text{ }\mu\text{m}$ 之间的高位,唯 $a_p=0.15\text{ mm}$ 时, R_a 较低,表面质量相对较好。这说明:在 a_p 处于 $0.05\sim 0.25\text{ mm}$ 之间时,偏小或偏大的 a_p 对1.2085 葛利兹模具钢 R_a 的影响都十分显著,合理选择 a_p 对表面质量具有决定性意义。

3 结论

PET吹塑模型腔零件常用的1.2085 葛利兹模具钢在 $200\sim 300\text{ m/min}$ 的高速加工速度区间, R_a 随 V_c 变化无单调增减规律,但选择偏小的 a_e 和 f_z 获得的 R_a 亦小,当 a_e 选择在 $0.05\sim 0.25\text{ mm}$ 之间时, $a_p=0.15\text{ mm}$ 获得的 R_a 最小。各个切削参数对 R_a 的影响顺序为: $a_p > a_e > V_c > f_z$,即 a_p 和 a_e 对

R_a 的影响较大,而 f_z 和 V_c 对 R_a 的影响相对较小。

综合以上高速精加工铣削实验结果,选材为1.2085 葛利兹模具钢的吹塑模型腔零件获得最小 R_a 的最佳切削参数组合为: $V_c=225\text{ m/min}$, $f_z=0.075\text{ mm/tooth}$, $a_e=0.06\text{ mm}$, $a_p=0.15\text{ mm}$ 。

参考文献

- [1] 蔡玉俊. 模具型腔高效数控加工策略及参数优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2005.
Cai Yujun. Study on high efficiency NC machining strategies and parameter optimization oriented to mould cavity machining[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2005.
- [2] Ko J H, Cho D. Feed rate scheduling model considering transverse rupture strength of a tool for 3D ball-end milling [J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2004, 44: 1047-1059.
- [3] Salami R, Sadeghi M H, Motakef B. Feed rate optimization for 3-axis ball-end milling of sculptured surfaces [J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2007, 47: 760-767.
- [4] Qian L, Yang B, Lei S. Comparing and combining off-line feedrate rescheduling strategies in free-form surface machining with feedrate acceleration and deceleration[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2008, 24(6): 796-803.
- [5] 张臣, 周来水, 安鲁陵, 等. 基于铣削力仿真的离线进给速度优化技术[J]. 南京航空航天大学学报, 2009, 41(3): 358-363.
Zhang Chen, Zhou Laishui, An Luling et al. Optimization of Off-Line feedrate based on simulation of milling forces[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2009, 41(3): 358-363.
- [6] 徐岩, 李强, 秦波. 吹塑模型腔加工方案浅析[J]. 模具制造, 2006(4): 65-67.
Xu Yan, Li Qiang, Qin Bo. Brief analysis on the manufacture project of blowing mould cavity[J]. Mold Manufacturing, 2006(4): 65-67.
- [7] 尹震彪. 面向复杂型腔工件高效数控加工的刀具优选技术研究[D]. 重庆大学, 2011.
Yin Zhenbiao. Study on cutting tool selection for high efficiency NC machining of complex pocket[D]. Chongqing University, 2011.
- [8] Chuang J, Yang D C H. A laplace-based spiral contouring method for general pocket machining[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, 34(7-8): 714-723.
- [9] 李道喜, 李能文, 明浩, 等. 改善挤出吹塑制品壁厚均匀性的几种方法[J]. 精密成形工程, 2012(1): 54-57.
Li Daoxi, Li Nengwen, Ming Hao, et al. Several methods of improving the homogenization of extrusion blow molding products thickness[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012(1): 54-57.
- [10] 沈步楼. 高速切削技术在模具制造中的应用[J]. 产业与科技论坛, 2012, 11(4): 73-74.
Shen Bulou. High-speed cutting technology apply on mold manufacturing[J]. Industrial & Science Tribune, 2012, 11(4): 73-74.