

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.08.019

硬车削滚动轴承套圈的试验研究

谢 军,张亚萍

(泰州职业技术学院 机电技术学院, 江苏 泰州 225300)

摘要: 针对滚动轴承套圈硬车削加工过程中表面质量存在的问题,对硬车削过程中切削用量和刀具参数对表面粗糙度的影响进行了研究,采用CBN刀具进行了6205滚动轴承套圈的硬车削加工试验,将进给量、切削速度、切削深度和刀尖圆弧半径作为试验因子,通过正交试验分析了它们对零件加工后表面粗糙度的影响规律,并归纳出了该试验范围内的最佳切削用量和刀具参数组合。研究表明,进给量对表面粗糙度的影响最大,刀尖圆弧半径对表面粗糙度的影响次之,切削速度对表面粗糙度的有一定影响,切削深度对表面粗糙度的影响非常小。

关键词: 硬车削; 滚动轴承; CBN刀具; 表面粗糙度

中图分类号: TH162; TG51 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)08-1049-04

Experimental study on hard cutting ball bearing

XIE Jun, ZHANG Ya-ping

(College of Mechanical and Electrical Technology, Taizhou Polytechnic College, Taizhou 225300, China)

Abstract: Aiming at the surface roughness of hard cutting ball bearing, experimental study on the cutting parameters and tool geometry on surface roughness was carried out. Experimental investigation of surface roughness was performed in ball bearing rings with CBN cutter. The orthogonal experiments were performed to describe the relationship between surface roughness and cutting parameters and corner radius. Optimal cutting parameters and tool geometry were found in this experiment. The results indicate that feed rate is found as the most influential parameter followed by corner radius on surface roughness, whereas increased feed rate deteriorate the surface roughness noticeably. The effect of cutting speed on the surface roughness is less. The contribution of depth of cut is very slight.

Key words: hard cutting; ball bearing; CBN cutter; surface roughness

0 引 言

通常所说的硬车削是指把淬硬钢的车削作为最终加工或精加工的工艺方法^[1],加工后零件的表面质量可与磨削相当甚至更高,这样可以代替目前普遍采用的磨削方法。同时,硬车削相比磨削加工具有较好的经济性、加工柔性和环保性能。总之,硬车削能降低机床成本、改进生产控制、加快生产速度以及提高产品质量^[2-3]。

表面粗糙度是衡量零件表面加工质量的重要指标之一,表面粗糙度的好坏会直接影响其使用寿命和

使用性能,因此研究影响零件硬车削加工表面粗糙度的因素,对于指导生产实践中切削参数的选择,发挥硬车削的技术优势具有现实意义^[4-7]。

国内外学者对硬车削影响表面粗糙度的因素研究较多,钟万胜初步研究了硬车削滚动轴承套圈过程中切削用量对表面粗糙度的影响^[8]; OZEL T、陈涛、陈光军等建立了硬车削过程中表面粗糙度预测模型^[9-11]; 崔伯第等在硬车削淬硬钢方面进行了系统的理论研究和试验工作。研究表明,影响表面粗糙度的主要因素是切削用量和刀尖圆弧半径。

本研究以进口CBN刀具硬车削滚动轴承套圈为研究对象,试验研究并理论分析切削用量和刀尖圆弧

半径对硬车削滚动轴承套圈表面粗糙度的影响规律,为进一步推广硬车削技术提供试验依据。

1 试验方案

(1) 机床。在相同切削用量的条件下,硬车削比普通车削的切削力要大许多,所以硬车削对机床的要求更高,如要求机床要具有大功率、高的刚度等。本研究在该试验中选择使用性能较好的国产QTN250数控车床;

(2) 工件。工件为6205滚动轴承外圈。材料为淬硬GCr15(淬火硬度62 HRC~64 HRC),直径Φ52 mm。

(3) 刀具。因为立方碳化硼的耐磨性、硬度仅次于金刚石,在高温下还能保持高硬度的特性,故本试验采用进口CBN刀片,刀片型号BN250,前角 $\gamma_o = -6^\circ$ 、 $\alpha_o = 8^\circ$ 、 $\kappa_r = 45^\circ$ 。

(4) 试验方法。零件表面质量的形成的主要影响因素是进给量、切削速度、切削深度和刀尖圆弧半径,每一个因素变化都会影响试验结果,为了尽量减少试验次数,本研究把它们作为试验因子(正交切削试验因素水平表如表1所示),选择正交试验方法,研究它们对表面粗糙度的影响规律。试验中使用TR200型便携式表面粗糙度测量仪测量加工后的零件表面粗糙度 R_a 值,并以零件上3点处表面粗糙度的平均数值作为试验结果。

表1 正交切削试验因素水平表

因素	水平		
切削速度 $v_c / (m \cdot min^{-1})$	110	130	150
进给量 $f / (mm \cdot r^{-1})$	0.1	0.2	0.3
切削深度 a_p / mm	0.1	0.15	0.2
刀尖圆弧半径 r_e / mm	0.4	0.8	1.2

2 试验结果与分析

2.1 正交试验分析

试验结果如表2所示。分析试验结果可以得出:进给量对表面粗糙度的影响最大,刀尖圆弧半径对表面粗糙度的影响次之,切削速度对表面粗糙度也有一定的影响,而切削深度对表面粗糙度的影响最小。

2.2 表面粗糙度影响因素分析

零件加工后的表面质量是评定能否实现“以车代磨”的指标之一,在硬车削过程中表面加工质量变化规律与普通切削加工是不一样的,具体分析如下:

(1) 进给量对表面粗糙度的影响。在 $v_c = 150 m/min$ 、 $a_p = 0.1 mm$ 、 $r_e = 0.8 mm$ 的切削条件下进给量 f 对表面粗糙度 R_a 的影响曲线如图1所示。由图1可知,进给量对表面粗糙度的影响最大。当进给量取某一适当值时,表面粗糙度值可达到最小值。此后,随着进给量的进一步增大,表面粗糙度值显著增加,二者几乎呈线性关系。这主要是因为:随着进给量的增大,

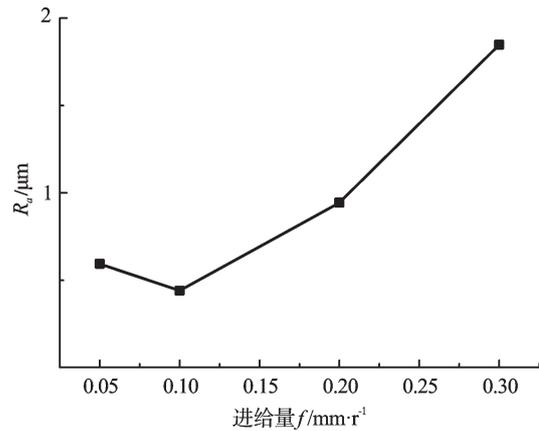


图1 进给量对表面粗糙度的影响
 $a_p = 0.1 mm$; $v_c = 150 m/min$

表2 正交试验及结果

试验号	切削速度 $(m \cdot min^{-1})$	进给量 $(mm \cdot r^{-1})$	切削深度/mm	刀尖圆弧半径/mm	表面粗糙度/ μm
1	110	0.1	0.1	0.4	0.574
2	110	0.1	0.1	0.8	0.306
3	110	0.1	0.1	1.2	0.263
4	110	0.2	0.1	0.8	0.890
5	110	0.2	0.15	0.8	1.105
6	110	0.2	0.2	0.8	1.127
7	130	0.1	0.1	0.8	0.319
8	150	0.1	0.1	0.8	0.440
9	150	0.2	0.1	0.8	0.944
10	150	0.3	0.1	0.8	1.847
11	150	0.05	0.1	0.8	0.594
12	100	0.1	0.1	0.8	1.212

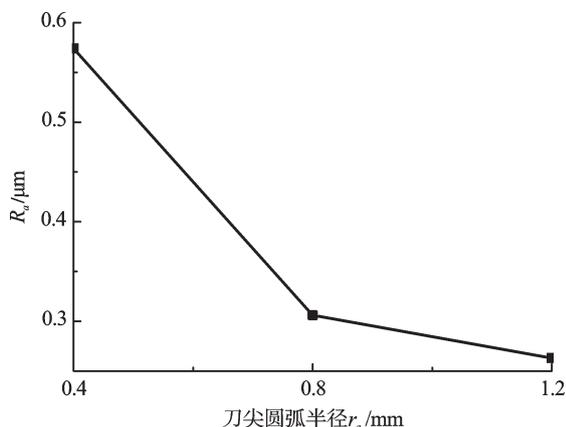


图2 刀尖圆弧半径对表面粗糙度的影响

$f=0.1$ mm/r; $a_p=0.1$ mm; $v_c=110$ m/min

由公式 $R_{\max}=f^2/8r_e$ 可知,表面粗糙度的轮廓最大高度也增大;同时径向力增大,切削振动加剧导致表面粗糙度增大。在该试验范围内,当进给量为0.1 mm/r时,表面粗糙度值最小,可获得良好的表面质量。

(2) 刀尖圆弧半径对表面粗糙度的影响。在 $f=0.1$ mm/r、 $a_p=0.1$ mm、 $v_c=110$ m/min的切削条件下刀尖圆弧半径对表面粗糙度 R_a 的影响曲线如图2所示。由图2可知,刀尖圆弧半径对表面粗糙度的影响次之。随着刀尖圆弧半径的增大,表面粗糙度呈明显的下降趋势。这是因为:随着刀尖圆弧半径的增大,由公式 $R_{\max}=f^2/8r_e$ 可知,表面粗糙度的轮廓最大高度降低。在该试验范围内,当刀尖圆弧半径为1.2 mm时,表面粗糙度值最小,可获得最优的表面质量。

(3) 切削速度对表面粗糙度的影响。在 $f=0.1$ mm/r、 $a_p=0.1$ mm、 $r_e=0.8$ mm的切削条件下切削速度 v_c 对表面粗糙度 R_a 的影响曲线如图3所示。由图3可知,切削速度对表面粗糙度有一定影响。当切削速度增大时,表面粗糙度呈现先下降后缓慢上升的趋势,在一定范围内切削速度对表面粗糙度影响很小。当切削速度达到某一值时,表面粗糙度值达到最小

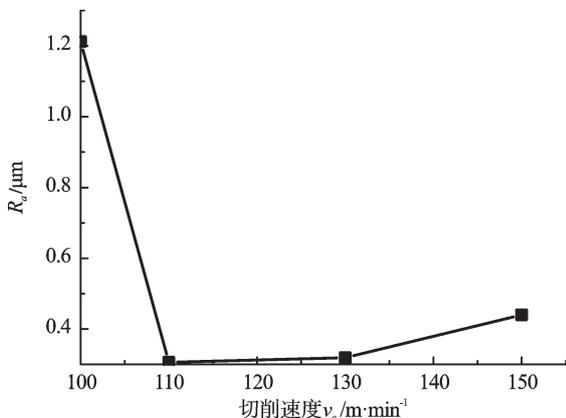


图3 切削速度对表面粗糙度的影响

$f=0.1$ mm/r; $a_p=0.1$ mm

值。这主要是因为:切削速度低于某个数值时,切削温度随着切削速度的增大而升高,产生金属的软化效应,降低了切削力,从而表面粗糙度较好;继续增大切削速度,切削温度升高,刀具的磨损加剧,增大了刀具和工件、切屑之间的摩擦,导致切削力迅速增大,表面粗糙度值增大。在该试验范围内,当切削速度为110 m/min时,表面粗糙度值最小,可获得较好的表面质量。

(4) 切削深度对表面粗糙度的影响。在 $f=0.2$ mm/r、 $v_c=110$ m/min、 $r_e=0.8$ mm的切削条件下切削深度 a_p 对表面粗糙度 R_a 的影响曲线如图4所示。由图4可知,切削深度对表面粗糙度的影响最小,随着切削深度的增大,表面粗糙度缓慢增加。这是因为:当切削深度增大时,切削力随之增加,但刀刃的接触长度也随之增加;同时由于切削宽度的增加,散热增加,切削温度改变不多,表面粗糙度值略有增加。因此,切削深度对表面粗糙度的影响不大。在该试验范围内,当切削深度取0.1 mm时,表面粗糙度值最小,可获得较好的表面质量。

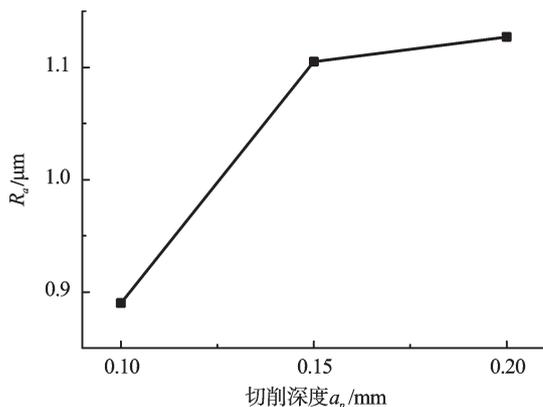


图4 切削深度对表面粗糙度的影响

$f=0.2$ mm/r; $v_c=110$ m/min

3 结束语

本研究通过以上试验结果及分析可得出如下结论:

(1) 采用CBN刀具硬车削6205轴承套圈时,为获得较低的表面粗糙度,进给量应采用低值,刀尖圆弧半径取高值,切削速度应采用中间数值,而切削深度对表面粗糙度的影响非常小,可根据具体的加工条件确定。在该试验范围内,最优的加工参数应为 $v_c=110$ m/min, $a_p=0.1$ mm, $f=0.1$ mm/r, $r_e=1.2$ mm,此时可获得磨削加工时的表面粗糙度,实现以车代磨。

(2) 增大刀尖圆弧半径可有效降低表面粗糙度;当进给量增大时,表面粗糙度几乎线性增加;当切削速度增大时,表面粗糙度呈现先下降后缓慢上升的趋

势,当切削速度达到某一值时,表面粗糙度值达到最小值;当切削深度增大时,表面粗糙度略有增加,但影响不大。

(3) 通过后续试验可进一步研究硬车削轴承套圈过程中切削力、切削温度的变化规律;研究刀具、工件内应力的分布规律及对工件表面质量的影响,形成一套可以应用于实际生产加工的参数。

参考文献(References):

- [1] 于凤丽. 硬车削加工技术的应用研究[J]. 机械工程与自动化, 2010(3): 209-210.
- [2] 杜国臣. 陶瓷刀具硬车削 GCr15 钢的试验研究[J]. 工具技术, 2008, 42(10): 88-90.
- [3] TOENSHOFF H K, ARENDT C, BEN A R. Cutting hardened steel[J]. *Annals of the CIRP*, 2000, 49(2): 1-19.
- [4] 崔伯第, 殷宝麟, 郭建亮. 淬硬钢高速硬车削表面粗糙度的试验研究[J]. 机械设计与制造, 2012(8): 198-200.
- [5] 崔伯第. 硬车削淬硬轴承钢 GCr15 表面粗糙度的试验研

- 究[J]. 机械设计与制造, 2013(7): 150-152.
- [6] 查文炜, 何 宁. 高速铣削淬硬钢表面粗糙度的试验研究[J]. 工具技术, 2007, 41(3): 12-15.
- [7] ARSECULARATNE J A, ZHANG L C, MONTROSS C, et al. On machining of hardened AISI D2 steel with PCBN tools [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2008, 206(1-3): 167-179.
- [8] 钟万胜, 乔东旭. 硬车削在滚动轴承套圈加工中的应用[J]. 轴承, 2010(12): 10-12.
- [9] OZEL T, KAPPAT Y. Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regressing and neural networks [J]. *Machine Tools and Manufacture*, 2005, 45(4-5): 467-479.
- [10] 陈 涛, 刘献礼. PCBN 刀具硬态切削淬硬轴承钢 GCr15 表面粗糙度试验与预测[J]. 中国机械工程, 2007, 18(12): 2973-2976.
- [11] 陈光军, 毕立歌, 薛 迪, 等. 精密切削淬硬轴承钢 GCr15 的表面粗糙度预测与加工参数优化[J]. 河北科技大学学报, 2012, 33(2): 119-121.

[编辑:程 浩]

本文引用格式:

谢 军, 张亚萍. 硬车削滚动轴承套圈的试验研究[J]. 机电工程, 2014, 31(8): 1049-1052.

XIE Jun, ZHANG Ya-ping. Experimental study on hard cutting ball bearing[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2014, 31(8): 1049-1052.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 1030 页)

模板总面积的 5% 时, 最终系统给出了如图 8(c)、8(d) 所示的输出结果图像。在输出结果图像中, 已将待检图像旋转平移至模板图像位置, 并在该坐标系下显示了与模板图像的各处差异, 并将缺失严重的右侧插头处着色显示, 给出该待检图像是否存在缺陷的判断。

由于该系统使用了 Hough 变换求取的最长直线的角度信息作为判断图像旋转量的唯一标准, 该系统对于电子接插件等有明显直线轮廓的产品有较好的适用性, 但还不能适用于不含明显直线轮廓的产品检测(如齿轮、曲线构件等)。

5 结束语

从检测结果及分析中可以看出, 本研究通过特征位置定位的塑料构件在线检测图像处理系统具有较好的实时性和准确性, 可以在低成本的机械定位装置上实现较高精度的机器视觉检验, 在塑料构件的在线检测中具有一定的实用价值。

该图像处理系统还需要进一步与图像摄取装置以及机械传送、定位、分拣装置的控制软件配合, 以组成完整的塑料构件产品机器视觉检测系统。

参考文献(References):

- [1] LI J, ALLINSON N M. A comprehensive review of current local features for computer vision [J]. *Neurocomputing*, 2008, 71(10): 1771-1787.
- [2] 金立军, 姚春羽, 闫书佳, 等. 基于航拍图像的输电线路异物识别[J]. 同济大学学报, 2013, 41(2): 277-281.
- [3] 吕 哲. 注塑制品视觉检测关键技术研究[D]. 沈阳: 东北大学信息科学与工程学院, 2009.
- [4] 孙天瑜. 基于机器视觉的注塑制品缺陷检测系统研究[D]. 沈阳: 东北大学信息科学与工程学院, 2008.
- [5] 赵 苓, 姚 静. 基于图像分析的多参数物料检测系统研究[J]. 机电工程, 2014, 31(3): 295-300.
- [6] 余 婷, 厉小润. 基于 SIFI 的全自动遥感图像配准算法[J]. 机电工程, 2013, 30(1): 111-115.
- [7] 厉晓飞. 基于机器视觉的汽车零件缺陷检测技术研究[D]. 武汉: 武汉理工大学汽车工程学院, 2012.
- [8] 植赐佳. 基于机器视觉的印刷品缺陷自动检测系统[D]. 广州: 广东工业大学自动化学院, 2011.
- [9] 李 芳. 基于 LabVIEW 与 Matlab 的某管类零件缺陷图像处理技术[J]. 兵工自动化, 2012, 31(10): 83-85.
- [10] 张 强. 精通 Matlab 图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.

[编辑:程 浩]