

三爪夹持范围对大盘齿内孔质量的影响

刘芳雪

成都青山实业有限责任公司 四川成都 610105

摘要：针对大盘齿热处理后精加工内孔工序，改进夹持工装，调整夹持范围，使夹持力均匀作用于产品外圆，减小产品圆周因三爪夹紧力不均匀所导致的产品变形，提升内孔圆度、圆柱度精度。

关键词：盘齿；夹紧；变形；内孔；圆度；圆柱度；自定心卡盘

1 序言

大盘齿内孔是差速器装配的基准，精度要求高，其加工常采用三爪夹紧的装夹方式，进行车削或磨削。随着新能源汽车的迅速发展，盘齿内孔的质量要求由传统燃油车的7级提升到6级，内孔的圆度、圆柱度等精度受工艺方式的影响越来越明显。下面总结我公司提升大盘齿内孔圆度、圆柱度精度的工艺改进方法。

2 原工艺方案

原工艺方案使用自定心卡盘夹持大盘齿齿顶，以端面定位，加工内孔，如图1所示。自定心卡盘的夹紧原理是通过接近开关感知液压缸拉杆的位置控制卡盘夹紧和松开，系统通过采集两个接近开关的信号来判断工件是否被夹持。



图1 自定心卡盘夹持方式

3 原工艺夹持方式存在的问题

自定心卡盘通过行程确定夹紧力，行程过小，产品夹不紧，加工过程出现产品打滑，导致内孔偏心^[1]；行程过大，产品夹得过紧，导致产品被夹变形。用圆柱度仪测量产品内孔的圆度和圆柱度，仪

器绘制出的内孔圆度曲线呈花瓣状，内孔圆柱度曲线呈喇叭形，分别如图2和图3所示。

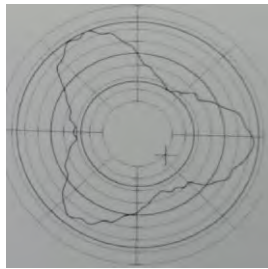


图2 内孔圆度曲线呈花瓣状

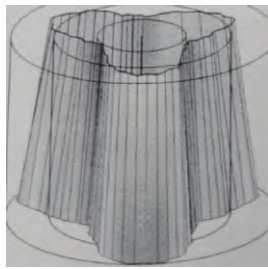


图3 内孔圆柱度曲线呈喇叭形

4 不合格原因分析

案例所加工产品齿宽48mm，外圆 $\phi 231\text{mm}$ ，内孔 $\phi 116\text{mm}$ ，三爪夹持角度 30° ，单个卡爪夹持周长60mm、夹持深度12mm。与卡盘三爪接触处的产品内孔凹陷，未接触处为凸起，圆度超差。靠近夹持端的内孔尺寸值大，靠近未夹持端的内孔尺寸值小，内孔圆柱度超差。废品率高，既影响生产进度，又影响制造成本。

内孔圆度超差，分析原因是盘齿所受三爪夹紧力不均匀。收集5组数据对比车削产品三爪松开前后

内孔圆度，见表1。通过数据分析，确定车削过程产品被夹变形，三爪松开后产品变形回弹，导致内孔圆度超差。

表1 三爪松开前后圆度数据对比（单位：mm）

圆度值	1#	2#	3#	4#	5#
松开前	0.0041	0.0052	0.0045	0.0059	0.0043
松开后	0.0098	0.0115	0.0095	0.0121	0.0081
变化量	0.0057	0.0063	0.0050	0.0062	0.0038

内孔圆柱度超差，分析原因为大盘齿所受夹紧作用力与产品质心偏差大所导致。收集3组数据对比车削产品三爪松开前后夹持端、未夹持端内孔圆柱度变化（见表2）。通过数据分析，确定车削过程产品被夹持端收缩，三爪松开后产品回弹，尺寸变大，导致内孔圆柱度超差。

表2 三爪松开前后夹持端、未夹持端内孔圆柱度对比（单位：mm）

内孔圆柱度		1#	2#	3#
夹持端	松开前	116.021	116.023	116.021
	松开后	116.030	116.031	116.029
	变化量	0.009	0.008	0.008
未夹持端	松开前	116.023	116.022	116.025
	松开后	116.025	116.026	116.027
	变化量	0.002	0.004	0.002

针对产品外圆所受夹紧力不均匀而导致产品变

形的问题，重新调整夹持方式，三爪夹持角度由原30°调整为60°，单个卡爪夹持周长由60mm调整到120mm，夹持深度由12mm调整到24mm。增大产品夹持范围及受力面积，改善受力不均匀情况，提升内孔圆度、圆柱度过程能力。

对比两种夹持方式，各收集10组数据，使用双样本T检验对比两种方式内孔圆度、圆柱度是否存在显著差异。两种夹持方式具体如下。

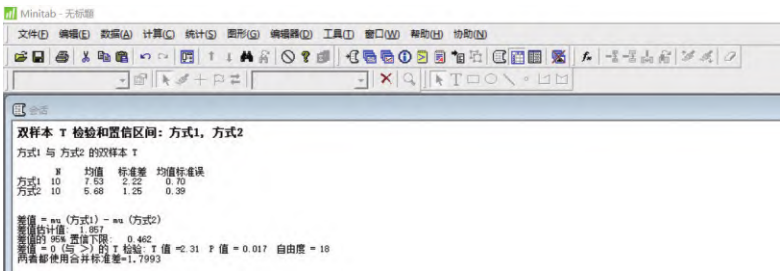
1) 夹持方式1。原工艺自定心卡盘夹持方式（见图1）为：三爪夹持角度30°，单个卡爪夹持周长60mm，夹持深度12mm。

2) 夹持方式2。调整后的自定心卡盘夹持方式（见图4）为：三爪夹持角度60°，单个卡爪夹持周长120mm，夹持深度24mm。

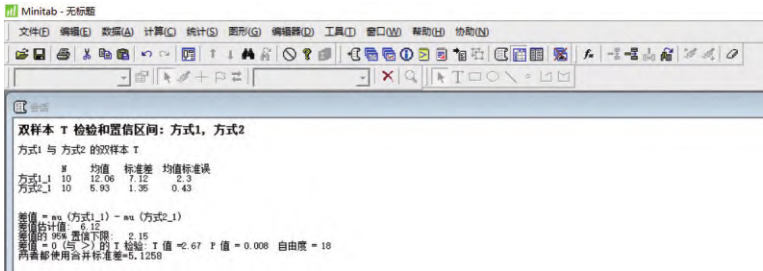
如图5所示，利用Minitab分析软件计算出P值分别为0.017、0.008，均小于0.05。调整后自定心卡盘



图4 调整后的自定心卡盘夹持方式



a) 调整后的夹持方式对圆度的影响结果

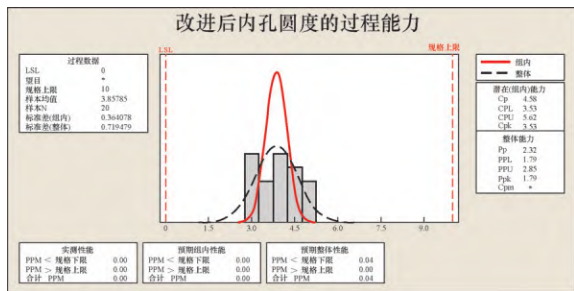


b) 调整后的夹持方式对圆柱度的影响结果

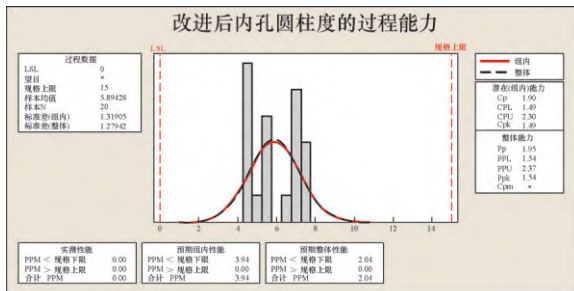
图5 Minitab分析软件计算结果截图

夹持方式更适合,产品受力更均匀。可知增大产品夹持范围及受力面积对内孔圆度、圆柱度存在显著影响^[2]。

改进后收集20组数据计算内孔圆度、圆柱度CPK(过程能力)分别为3.53、1.49(见图6),均满足要求。



a) 内孔圆度的过程能力

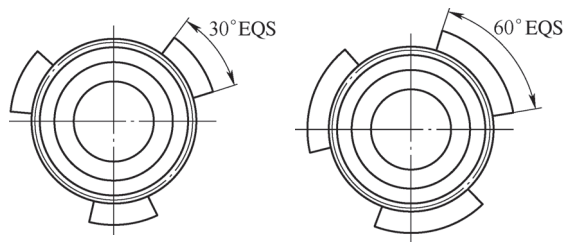


b) 内孔圆柱度的过程能力

图6 调整后过程能力Minitab分析结果

5 改进方案

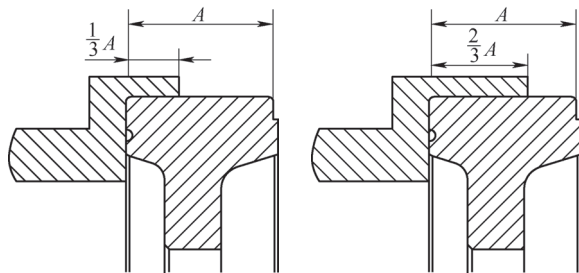
改进方案主要是重新设计自定心卡盘^[3],增加三爪夹持产品外圆范围(见图7),使产品被夹持时受力更均匀,从而提升产品内孔圆度质量;增加三爪夹持产品齿宽深度(见图8),使产品被夹持时作用点高于产品质心所在平面,从而提升产品内孔圆柱度质量。



a) 改进前

b) 改进后

图7 自定心卡盘外圆夹持范围



a) 改进前

b) 改进后

图8 自定心卡盘齿宽夹持范围

6 结束语

本文通过对产品夹持范围的调整,有效解决了产品内孔圆度、圆柱度超差问题,提高了产品质量,降低了质量损失,值得推广。三爪夹持位置及范围对产品质量的影响不容忽视,针对不同产品,夹持位置略有不同,需在实践中不断地总结。

参考文献:

- [1] 张耀文. 三爪卡盘静态夹紧力研究[J]. 制造技术与机床, 1999 (9): 15-17.
- [2] 马逢时, 周晔, 刘传冰. 六西格玛管理统计指南[M]. 3版. 北京: 中国人民大学出版社, 2018.
- [3] 彭红梅. 液压三爪卡盘机构设计[J]. 科技信息, 2008 (33): 97-98.

MW 20240606

《金属加工(冷加工)》“刀具”栏目征稿

《金属加工(冷加工)》杂志设有多个常规栏目,现“刀具”栏目面向广大的制造业业内人士征集稿件,欢迎各位踊跃投稿。

“刀具”栏目征稿内容:

1. 国内外数控切削刀具的发展变化,刀具材料、刀具形状及切削技术等革新与升级。
2. 某难加工工件或者材料的切削加工方案设计以及实施过程。

……

详细投稿规范请扫码查看。

投稿网址: <http://www.mw1950.com>



投稿规范