

利用收口刀具提高杠杆组件收口一次成功率

于洋, 陈建新, 李雪英

中国航发西安动力控制科技有限公司 陕西西安 710011

摘要: 通过对收口加工的特点、收口过程中易出现的问题进行分析, 提出了解决方案。介绍了收口加工技术的原理及收口刀具、夹具制作的要点。同时针对示例零件某杠杆组件介绍了收口方法的改进, 并进行了收口刀具、夹具的设计, 使该组件收口加工合格率得到提升。

关键词: 收口; 收口刀具; 滚压收口; 夹具; 加工工艺

1 序言

航空发动机燃油附件结构复杂、制造精密, 其中大量的精密零组件承担着相对运动、传动及反馈等工作。在工艺性能要求不断提高的情况下, 特别是燃油附件所处的复杂工作条件下, 零件不同部位的材料特性要求都不尽相同, 单一材料往往不能满足需求。为了解决这样的问题, 除了大量地采用局部(或全部)热处理、表面处理、双金属等新工艺外, 还将不同结构、不同特性材料的零件进行组合、压合的联接方式也大量应用。这一类形式的零件为了保证联接的可靠性、稳定性, 其收口工艺及加工方法的正确使用是一个关键因素。

2 收口概述

2.1 收口的概念

收口是零件进行相互联接时为了保证联接的可靠性经常使用的一种工艺方法。其一般是通过滚压、冲压、模压等方法使包容件口部位置产生塑性变形, 将被包容件限制或固定在所需位置, 从而达到符合组件工艺要求的方法。

2.2 收口的特点

收口工艺的应用可使不同材料、不同状态(硬度)及不同结构的零件进行可靠联接, 解决了零件不同位置或产品不同部位因材料、结构的制约而不能满足要求的问题, 降低了零件的加工难度, 提高

了工艺性。

2.3 收口方法的分类

(1) 按零件材料分类 包容件要能够产生所需的塑性变形, 同时满足一定的强度需要。收口零件的类型一般有: 钢—标准件、钢—钢、铝—铜等。一般包容件都是具有一定塑性的不锈钢、低碳钢, 如2Cr13、1Cr17Ni2、45钢等。若以12CrNi3A等渗碳钢作为包容件, 渗碳或淬火时需要将收口变形部位进行保护。

(2) 按加工方法分类 按照加工方法可以分成冲压、滚压和模压三类。①冲压。作为较常见的一种收口方式, 多使用在销子、小型衬套孔口等受作用力不大的部位, 一般为手工作业。②滚压。滚压收口能适应较多的零件结构。按滚轮的个数又分为单滚轮、双滚轮和三滚轮, 通常在卧式车床、钻床及自动收口机上进行加工。③模压。模压收口是近年来针对柱塞、滑靴组件重点攻关的工艺方法, 取得了重要的成果。该方法的使用, 使零件收口效果具有很高的稳定性、灵活性和抗拉脱能力。

(3) 按工艺要求分类 可分为两类: 一是收口后被包容件需灵活转动或保证一定的轴向间隙; 二是收口后被包容件被充分锁紧不允许松动。

3 某杠杆组件收口方法

某带钢珠的杠杆组件如图1、图2所示, 此零件

通过杠杆零件上组合一个半圆氟塑料轴套,将钢珠装于轴套中,再对杠杆孔口进行收口,使其挤压轴套将钢珠固定在轴套内。收口后的钢珠需在一定载荷下进行高温和常温试验,试验完的钢珠需灵活转动无卡滞。

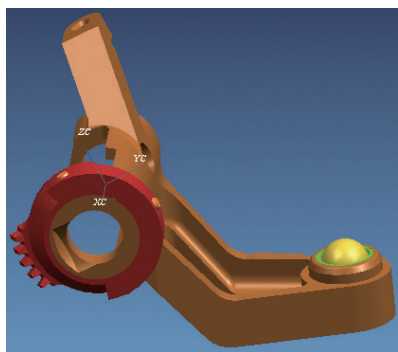


图1 杠杆组件三维图

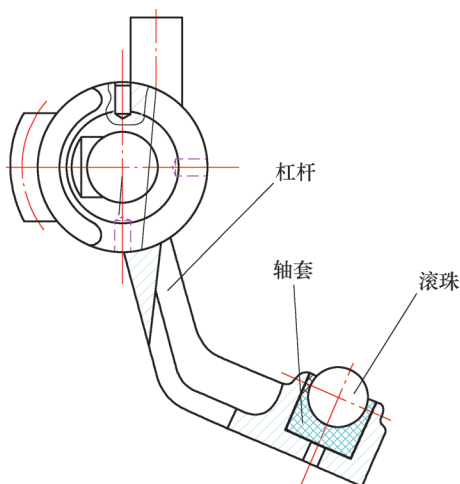


图2 杠杆组件剖面

该组件加工过程中主要的技术难点是：①由于零件结构限制,采用传统的车床滚压及收口机滚压收口的方法产生干涉,无法实现。②采用冲压方法收口时,由于收口工装存在公差,以及收口力度的不稳定,导致收口后钢珠与轴套之间的间隙不稳定,易产生卡死或脱落的现象。

由于存在以上难点,零件加工质量不稳定,效率低,严重制约了零件的加工进度,因此急需优化加工工艺。

4 杠杆组件收口方法的分析与优化

4.1 钢珠灵活性的优化

前期该杠杆组件的收口方式为冲压收口,收口夹具及冲模如图3、图4所示。

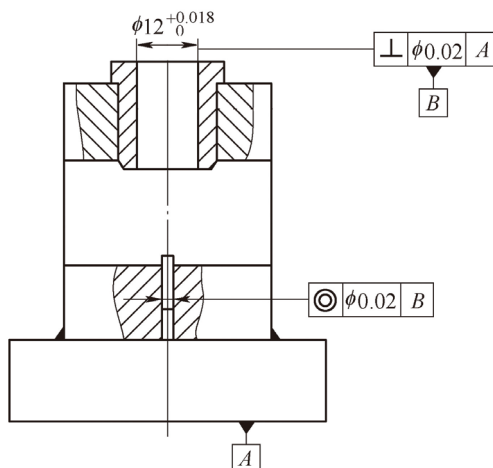


图3 收口夹具

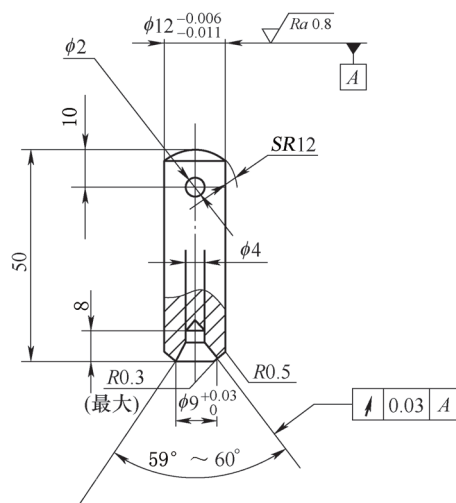


图4 冲模

将该杠杆组件放置于图3夹具中,将图4冲模放入夹具引导孔,60°锥面与杠杆收口部位锥面接触,用榔头敲击冲模球面部位,使杠杆孔口变形,从而实现对钢珠的收口。对于收口后需灵活转动的球面类零件,这种收口方式存在以下缺陷。

1) 由于是手工作业,冲模锥面不能在圆周方向均匀贴合杠杆收口部位的锥面,造成孔口变形不均,收口后钢珠转动不灵活,甚至卡死。

2) 由于无法控制竖直向下方向的收口行程,榔头敲击冲模的冲击力难控制,所以冲击力过大使杠杆孔口变形过多,钢珠易出现卡死;冲击力过小杠杆孔口变形太小,钢珠收口不可靠,导致脱落。

针对上述情况进行分析,为了在收口过程中保证孔口处变形均匀,需保证刀具圆周均匀接触并持续受力变形。参考自动收口机收口原理及钻床钻孔

原理,采用钻床代替自动收口机,设计一体的三滚轮收口工具(见图5、图6)代替收口机圆周3个方向分布的滚轮。滚轮中心与刀具中心呈 35° 夹角,用销铆紧,使滚轮灵活转动。

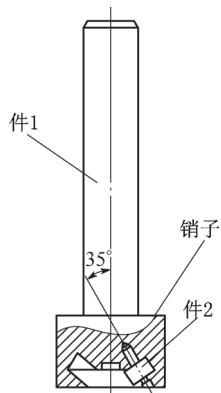


图5 改进刀具

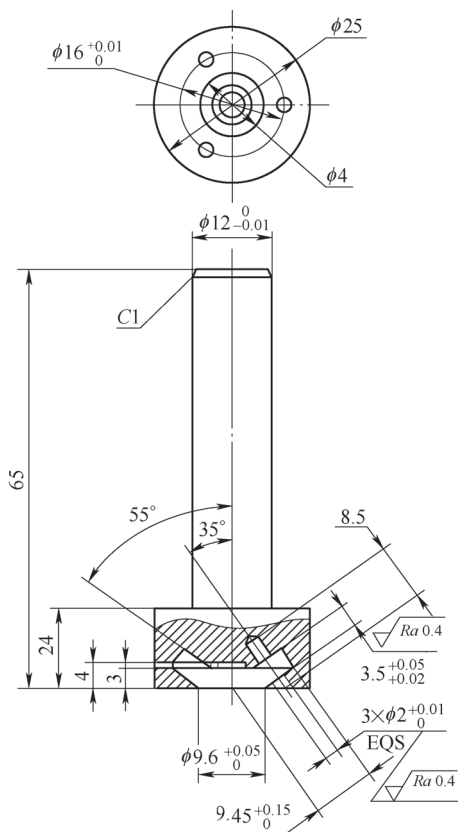


图6 改进刀具参数

在该收口刀具的设计过程中,需考虑到以下几个方面。

1) 滚轮中心与刀具中心夹角为 35° ,大于零件收口部位的初始倒角,使变形起始点为零件倒角顶端,变形首先从倒角口部最薄处开始,易于变形。

2) 采用圆周方向均布三个滚轮,刀具强度较

高,能够自动找正中心,从而在加工过程中变形稳定、均匀且充分。

3) 刀具柄部与钻床夹头联结,便于安装,且在钻床上易于控制刀具的进刀量,使收口后间隙易于控制。

4.2 收口后钢珠可靠性的优化

采用冲压方式收口时,由于冲模所收的冲击力无法控制,易使杠杆孔口变形过大或过小,从而导致钢珠被卡死或易脱落。通过分析变形过程,由于收口刀具向下的行程决定了杠杆孔口的变形量,所以控制收口行程的因素尤为关键。采用钻床收口时,可通过控制刀具向下的行程控制杠杆的变形。

该杠杆组件的收口部分是由3个单件构成(见图7),收口后需保证设计尺寸 L 为 $1.8\sim 2.1\text{mm}$ 。经过计算,在收口前尺寸 L 为 $1.83\sim 2.13\text{mm}$ 。

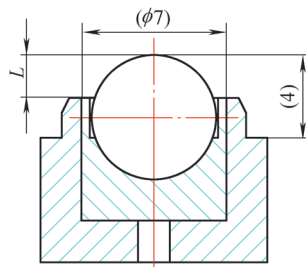


图7 杠杆组件收口部位

(1) 刀具行程计算 为保证收口后钢珠包容可靠,满足产品的灵活性及可靠性,需对收口刀具竖直方向的行程进行计算。根据收口变形过程中体积不变的原理,对变形过程中的尺寸变化进行理论计算。

收口变形分析如图8所示,放大图I中阴影部分的轴承圈,若要将钢珠完全收住,需将轴承圈变形至完全包住钢珠,其半径方向的变形尺寸为 $L\sim B\text{mm}$ 。

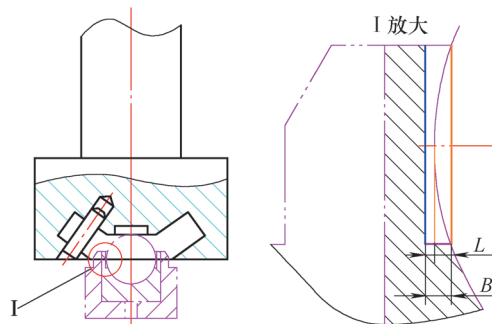


图8 收口变形分析

根据设计图尺寸计算, $L=0.174\text{mm}$, $B=0.274\text{mm}$,滚轮角度为 35° ,利用三角函数计算得:

$$C = (0.174 \sim 0.274) / \tan 35^\circ \approx 0.25 \sim 0.40 \text{ (mm)}。$$

由此得出, 收口刀具的竖直方向行程约为0.25~0.4mm。将计算得出的数据进行大量验证试验, 最终确定保证收口可靠且灵活的最佳行程约为0.35~0.4mm。

(2) 收口时金属的变形分析 在收口过程中, 由于滚轮对收口部位金属的挤压, 所以使被挤压的金属同时受到向下和向内的压力。向内的压力使一部分金属向内流动, 挤压轴承圈与钢珠贴合, 限制钢珠脱出; 向下的压力使金属产生向上的内力, 内力使一部分金属向上流动, 向上流动的金属将影响最终尺寸1.8~2.1mm。为了使收口后尺寸满足产品尺寸要求, 需对向上流动的金属进行分析。

收口变形如图9所示。对图9中放大图 I 进行分析, 由于蓝色线部分为滚轮对金属的挤压产生的金属流动量, 绿色线部分为轴承圈完全变形至与钢珠贴合所需的体积, 所以蓝色线部分金属的流动量一部分填充了绿色线部分的体积, 另一部分向上堆积, 形成红色部分体积。红色部分金属的高度就决定了尺寸1.8~2.1mm的大小。

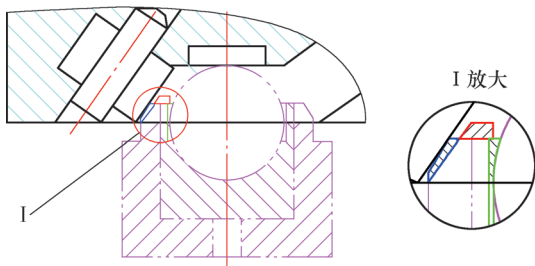


图9 收口变形示意

利用UG软件计算各部分的体积: 令滚轮向下的行程为0.4mm, 作如图10所示的金属变化图, 图11~图13分别为轴承圈变形体积 V_1 、金属向上堆积的体积 V_2 及金属流动量体积 V 。由图可知, 各部分体积分别为: $V_1=3.0552\text{mm}^3$, $V=5.4589\text{mm}^3$ 。

由 $V=V_1+V_2$ 得: $V_2\approx 2.4\text{mm}^3$, 此时向上堆积的部分金属的高度约为0.24mm (见图14)。

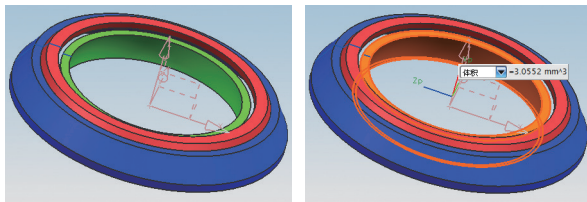


图10 金属变化示意

图11 轴承圈变形体积

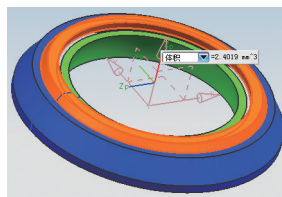


图12 金属向上堆积的体积

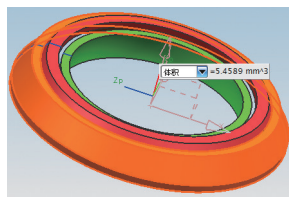


图13 金属流动量体积

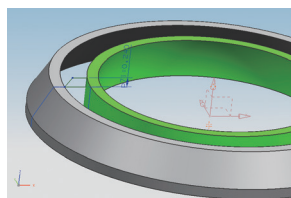


图14 向上堆积部分的金属高度

综上所述, 当滚轮向下的行程为0.4mm时, 金属部分会在高度方向上增加约0.24mm。因此, 为了保证2.1mm尺寸在收口后满足1.8~2.1mm, 需在收口前保证该尺寸至少为2.06mm。故在加工各单件时, 需控制各单件在高度方向上的尺寸公差, 以保证上述要求。

经过使用该收口刀具试加工, 加工后试件如图15所示。由图可以看出, 加工后的零件收口处变形均匀、充分, 变形处表面粗糙度较好, 完全满足设计及使用要求。



图15 改进后的加工样件

5 结束语

本文从杠杆组件收口灵活性以及可靠性控制方面分析, 针对各影响因素, 从杠杆组件收口过程中工艺方法和专用工装的设计等方面进行分析并找到合理的方法, 使杠杆组件收口工艺流程做到最优。结合零件特点设计专用工装, 确定最优收口方式, 从而满足零件的精度要求。

参考文献:

- [1] 赵如福. 金属机械加工工艺人员手册[M]. 4版. 上海: 上海科学出版社, 2015.
- [2] 刘鸿文. 材料力学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2012.