轴承滚子加工工艺及现状分析

■ 瓦房店轴承集团公司工程中心 （辽宁 116300） 刘家骏
■ 瓦房店轴承股份有限公司 （辽宁 116300） 于晓岩

摘要：轴承滚子的加工质量水平直接影响整个轴承的使用性能及轴承的寿命和可靠性。介绍轴承滚子的加工现状，针对轴承滚子加工中存在的问题，指出产品设计和工艺设计改进方向，提出切实可行的建议及措施，以提高轴承滚子的实物加工质量。

在轴承产品零件加工中，有些人多少存在一种重成品、轻配件的观念。滚子的加工质量水平存在一定的差距，滚子对轴承质量影响之大，直接影响到整个轴承的使用性能、寿命和可靠性。滚子作为轴承的主要部件之一，全项质量指标和稳定性仍有较大差距。为了实现滚子轴承的减振降噪，提高轴承的寿命和可靠性，针对轴承滚子生产状况，提出需要关注的几个问题，并对轴承滚子加工质量中存在的问题分析如下。

1. 轴承滚子加工现状

目前，轴承滚子的加工现状为：

（1）精密Ⅰ级、Ⅱ级圆锥、圆柱轴承滚子不能批量生产。市场对D级、C级精密轴承的需求量越来越大，但是精密轴承的大批量生产对轴承滚子来说，难度较大。仅是与精密轴承配套的Ⅰ级、Ⅱ级滚子的批量加工，在滚子加工过程中就困难重重。目前也只能小批量加工一些Ⅱ级圆锥、圆柱轴承滚子，并且是要从所加工的轴承滚子中挑选出一部分Ⅱ级品轴承滚子，能够加工0级、Ⅰ级轴承滚子的品种极少，还不能形成批量生产。

（2）普通Ⅲ级滚子精度的稳定性差。轴承中使用最多、最广的Ⅲ级滚子约占70%～80%。但是，普通滚子的尺寸、精度状况也不稳定，特别是球面轴承滚子尺寸、精度方面的问题急需解决。整批滚子的尺寸精度和几何精度的一致性及稳定性较差，这种状况就给滚子轴承的减振降噪和轴承寿命带来了很大的不确定性。这主要与现有的生产技术和管理水平参差不齐、设备状况差异较大以及大部分采用单机加工等有较大的关系。

（3）轴承滚子加工技术及其工艺装备方面存在问题。作为组成轴承的四大部件之一，滚子一般与轴承配套加工，轴承滚子的加工大多采用单机、多工序、多工步加工，有些环节加工机床精度差、稳定性差，所加工的轴承滚子存在尺寸散差大，几何精度不统一、不稳定等问题，导致生产出来的轴承状态不一致、寿命不稳定。所加工的滚子精度稳定性也不一致，仍然存在批滚子尺寸散差大、某些技术指标时好时坏的现象。

（4）一些企业存在超负荷突击生产现象。存在着某种轴承在市场需求量剧增的情况下，车间超负荷运转生产的情况，潜伏着在今后的生产中机床精度急剧下降的危机。在生产超负荷的短期生产压力

装配间隙为ϕ12.8 mm－ϕ12.4 mm＝ϕ0.4 mm。所以孔板上孔的位置度为ϕ0.4 mm。标注为$\phi 0.4^{\phi 19.1-19.8}\ \text{Ⓜ}\ A\ B\ C$。

4. 结语

本文详细地介绍了GD&T相关的三种装配条件，并给出了解决方式。在实际应用过程中，会有阵列孔或销的装配情况，其解决方式相同。这种分析方法可以整合到企业的设计软件中，实现自动匹配设计，达到加快开发进度、减少设计成本的目的。

参考文献：

[1] ASME Y14.5-2009，Dimensioning and Tolerancing[S].
[2] ISO 1101-2004，Geometric Product Specifications （GPS） -Geometrical tolerancing-Tolerancing of form, orientation, location and run-out[S].
[3] 王廷强. GD&T基础及应用[M]. 北京：机械工业出版社，2013.

MW（收稿日期：20140718）

下实行的突击生产状态，以降低机床的精度为代价完成生产任务，这种不利因素将在以后的生产中逐渐凸显出来。

2. 轴承滚子加工存在的问题

轴承滚子制造无论从装备水平、技术水平上，还是轴承滚子的实物质量方面都存在差距，主要表现在以下几个方面。

（1）轴承滚子的产品设计和加工工艺方面：产品设计人员在轴承滚子设计、工装设计、工艺编制和检测规程等方面，存在设计思想和设计理念上的差距，缺乏创新求变的意识，轴承滚子产品的设计水平基本上处于保守设计状态，同时受设备、工装、原材料、管理水平、工序质量控制能力和传统习惯的制约，导致轴承滚子生产工艺路线长、加工留量大、加工遍数多、辅助工序多以及工装工具多年没有改进，造成原材料浪费，生产成本增加，工艺合理性差。同时，尺寸十分接近的滚子加工过程中，很容易混串，增加了管理的难度。对滚子的通用性考虑得较少，往往考虑轴承的载荷更多一些。在实际加工时，频繁地换活、调整，也是产品质量难以稳定的原因之一，同时，给管理方面带来极大的负担。设计各类工、夹量具，不但加工费用很高，而且给设备的稳定性和精度带来不良影响。这种现象是使企业产品质量得不到提高的重要原因之一。

（2）轴承滚子的加工装备方面：球面轴承滚子加工可选用的设备并不多，对于某些尺寸段的圆柱、圆锥和调心轴承滚子的批量加工，成形工序基本上仍采用普通的冷镦机，也采用普通压力机成形，材料变形大，一次成形形位公差和尺寸大，外观质量差。

（3）球面轴承滚子加工精度方面：设备精度低导致球面轴承滚子工序间存在着形位公差“中间松”，使工序间难以达到工艺要求的窘况，集中在终磨工序修改，导致终磨加工勉强达到Ⅲ级球面轴承滚子精度，严重制约了轴承整体质量。

（4）轴承滚子检测仪器和检测方法方面：检测仪器和检测水平相对落后，轴承滚子的质量控制主要依靠加工后把关检验，大部分专职检验人员采取传统的检验手段和方法进行质量把关，轴承滚子合格品是“人海战术”检验选出来的，而不是在加工过程中有效控制加工出来的。检查轴承滚子有些工序所用仪表附件已经陈旧，没有及时更换，影响轴承滚子检测的准确性。产品质量观念淡薄是根本所在。

3. 产品设计和工艺设计改进方向

轴承滚子的产品设计和工艺设计要从以下几方面加以改进。

（1）采用先进的设计思想设计加工工艺。先进的设计思想主要表现在以下几点：①轴承滚子产品的通用性强，在轴承尺寸及承载能力、结构相近的情况下，采用同一种轴承滚子为滚动体，十分有利于轴承滚子的批量加工和质量控制。②产品设计人员设计综合素质高，可以在轴承滚子成品产品图上标注明确，滚子的几何精度及测量方法、形位公差、表面状况、倒角的尺寸及接触角，以及热处理状况等十分详细，这对轴承滚子在加工时工艺如何安排和滚子如何测量提供了很直接的依据。③轴承滚子图样中有关尺寸的标准化和系列化。有时接到的图样，需求的是一系列轴承滚子，只出一张图，其他以列表的形式出现，这对在一条生产线上批量加工时的安排很有利。④对一些特殊要求做出了详细说明，如凸度轴承滚子的凸度大小、轮廓形状、测量点及测量位置等，这样对轴承滚子特殊要求的控制变得相对容易。而我们现行轴承滚子有些图样仅要求凸度或对数曲线（方程），使滚子工艺人员或加工者在控制时不知所措。

工艺设计要从轴承滚子的类型、加工方式、生产批量、产品质量、生产效率、生产周期和成本等多方面来考虑，尽量不要重复设计工装。轴承滚子的加工工艺设计，应包括轴承滚子加工尺寸、加工流程、机床名称、技术条件及生产批量，这样可让使用者一目了然。工艺员在设计工装时，可以根据批量的大小，采取最佳的、可节省工装的设计方案。

（2）提高轴承滚子装备精度，保证滚子加工质量。需要解决轴承滚子生产线问题，包括轴承滚子的上、下料实现自动化，机床的在线检测和自动进给与补偿，以及成品滚子的盛装。为了能在轴承滚子的加工工艺上有所突破，应采用高线速度、宽砂轮的磨削方式。为此，必须减少轴承滚子在下料过程中的磕碰伤。

（3）改善轴承滚子检测水平。轴承滚子的测量比较落后，定性测量项目还很多，尽管我们采用了定量测量，但测量方法和效果很不统一，导致滚子检查结果差别很大，合格与不合格的Ⅲ级轴承滚子精度存在0.5～1.0 μm的差值，存在很大争议，给轴承滚子的检测和验收带来极大的不便。因此，对定性

测量项目，无论从标准上，还是在实际加工中，必须有统一的方式方法和检测手段。

4. 需要关注的几个方面

关于轴承滚子的加工，有以下几方面需要特别予以关注。

（1）注重工艺“细节”理念，提高轴承滚子实物质量。轴承滚子在设备短线连线方面进步较大，还应该树立工艺、工装管理和“细节”理念，这对轴承滚子质量进一步提高将产生很大的影响，在其他条件具备的情况下，甚至是决定性影响。如工艺过程控制、工艺过程设备等。细节决定成败，工艺“细节”决定着轴承滚子质量差距，关注和改进的细节越多，差距应越小。根据轴承滚子的精度要求选择不同的工艺，可形成多种轴承滚子工艺并存的良好局面。

（2）加工机床、工装、工艺和人的素质的良好结合。采用贯穿法磨削轴承滚子时，螺旋导轮是一件非常重要的工具，轴承滚子定位精度、螺旋导轮的安装精度及维修精度将直接影响轴承滚子的加工质量，应引起工人、特别是维修钳工人员的充分重视，这就应更加关注维修钳工、维修电工的主观积极性。使机床、工装与工艺良好地融为一体。工装磨具的改进，工艺“细节”的完善，注重工艺重点“细节”，同样是改善轴承滚子质量的有效途径。有针对性地对员工定期进行有效的理论、操作技能培训，从根本上提高员工的自身素质以及重视产品质量的理念。

（3）继续压缩滚子留量是永恒的主题。我们选择少数量的冲压轴承滚子进行压缩留量试验，将试验废品降到最低程度。中小轴承滚子冷镦留量由原来的0.45～0.50 mm，压缩到0.35～0.40 mm，仅此材料利用率粗略估计可提高5%～10%。但热处理的脱碳层是制约轴承滚子压缩留量至关重要的环节，压缩冲压滚子留量、减少磨削遍数是滚子加工工艺永恒的主题。这是一个持续几代人的话题，提高滚子模具寿命及控制模具胀量是一个急需解决的“瓶颈”问题。

（4）模具制造精度较差，亟待改进。专业模具制造加工工艺落后，模具内部缺陷造成冲压轴承滚子后被“复映”在轴承滚子小头倒角上，直接影响压型滚子质量，已经制约了压型滚子质量。国内某模具公司制作冲压滚子模具，模具体外侧的非工作表面粗糙度质量，都比我们生产的模具内孔工作表面粗糙度质量还好许多，两者相比反差太大，很值得我们借鉴、学习。应寻找合作公司采用新型的具备耐磨、耐冲击和耐疲劳性能的模具材料。

（5）轴承滚子先进检测技术的推广。在完善传统检测方法和技术的同时，采用先进的检测技术和仪器，比如波纹度仪等，但目前这只是应用在极少数重点产品的加工中，滚子轴承的减振降噪和提高轴承的寿命与可靠性仍是我们攻关的主题。检查滚子的各种仪器精度，更换仪器校正和安装仪器时是否正确十分重要，这一点在实际生产中十分必要。

（6）滚子硬车倒角工艺值得关注。滚子硬车倒角时，局部瞬间产生的高温直接影响到滚子两端外表面的硬度变化，容易造成滚子倒角表面硬度不均匀。当轴承加有载荷条件下，滚子外表面与滚道磨损消耗程度差异很大，从图1中可以明显看出滚子小头严重疲劳剥落，并且逐渐向滚子大头外径延伸。而外圈滚道与滚子小头相对应的地方也出现严重的疲劳剥落（见图2）。这些现象是否与硬车滚子倒角瞬间高温有关？需要大家在今后的加工过程中充分观察、进行试验来验证，应该引起我们的高度关注。不能只注重产品外观质量，却忽视了轴承零件的内在质量。

图1　滚子外径磨损状态图

图2　滚子与外圈滚道相对应处磨损状态图

5. 结语

通过以上论述，希望能够对轴承滚子技术改造起到一定的促进作用，尽快提高轴承滚子的实物加工水平，与D级、C级轴承精度要求相匹配，与精密级轴承精度同步发展，从而提高轴承质量的稳定性。同时，轴承企业要注重进口设备和培养高素质人员来操作设备相结合，才能达到先进的设备加工出一流产品的目的，为企业创造最大的经济效益。**MW**

（收稿日期：20140721）