以车代磨工艺在实践中的应用

河北太行机械工业有限公司机械制造公司 （石家庄 052165） 高民栋

我公司和北京铁道科学院合作生产某型动车机组。该产品中有一种零件名称为衬套，如图 1 所示，零件材料为 20Cr，内孔渗碳后处理硬度为 60～65HRC，而外圆和端面不允许有渗碳层。以衬套命名的零件有四种，除长度不同外其余尺寸和要求均相同。该品种的零件生产批量大，四种零件每月的批量在一万件左右。

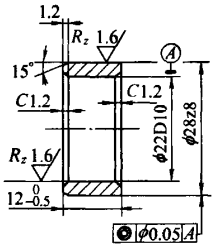

图 1

1. 试制工艺所采用的工艺方案

开始拿到该零件时，因不知生产批量的大小，仅从保证产品要求的角度考虑设计工艺加工方案，其工艺流程为：下料→粗车（见图 2）→渗碳→半精车（去除外圆和端面渗碳层）→淬火→磨内孔→磨外圆→车倒角。为保证满足产品最终要求的内孔 0.8～1.2mm 的渗碳层厚度，考虑磨量和氧化层、淬火变形的影响，粗车后渗碳工序要求渗碳层厚度为 1.1～1.4mm，外圆留有足够的余量，在半精车工序用机加工的方法将碳层去除，而后进行淬火处理。

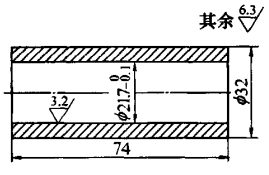

图 2

该工艺方案从技术上分析保证产品质量没有任何问题。首批试制的 20 个样件交付用户后经用户检测通过。随后用户下达了生产计划，要求四种衬套的月供货量达到一万件。而按工艺试制时的方案，磨内孔工序的能力远远达不到要求。经测算磨内孔工序班产量为每班 20 件，按三班运转安排一台机床每天才生产 60 件，远达不到月产量万件的要求。即便是再投入几台设备也于事无补，何况我公司仅有两台普通内孔磨床，其中一台为大规格的内孔磨，不适宜加工小孔。如何提高内孔加工工序的效率成为完成订单的关键因素。

2. 以车代磨工艺方案的应用

根据以往我们在未淬火件上应用以车代磨的成功经验，我们提出将原工艺方案中的磨内孔工序改为精车内孔，其他工序内容保持不变。方案提出后开始进行工艺试验，由于零件淬火后硬度在 60HRC 以上，加工如此高零度的零件首先要考虑的是刀具的材质问题。能加工淬硬钢的材质有以下几种，超硬涂层硬质合金、陶瓷、CNB（立方氮化硼），而加工硬度在 60HRC 以上的淬硬钢超硬合金显然不能满足工艺要求。因我公司现有日本住友公司生产的陶瓷材质刀片，所以决定用该材质进行试验。选用机床为美国 HARDINgE 公司的精密数控车床，数控系统为 FANUC21i—T，选用刀片材质号为 T1200A，刀片型号为 CPMT090304，刀杆型号为日本住友公司的 S16R—SCLPR09，选定切削参数为：n = 400r/min，a_p = 0.15mm，f = 0.08mm/r。在此切削参数下，加工出的零件表面粗糙度值 R_a = 0.8μm，每个刀片能加工 50～60 件，车改磨后加工效率大大提高，班产量可达 100 件，是磨加工的 5 倍。

但该材质刀片耐用度仍然偏低，刀具磨损严重，更换刀片频繁，并且刀具磨钝后加工出的内孔锥度明显，尺寸不稳定不合格品多。为解决刀具的耐用度问题，我们又专门制定了 CBN 立方氮化硼刀片，为提高刀尖强度将型号改为 CPMT090306，即刀片的刀尖圆弧半径由原来的 0.4mm 增大为 0.6mm。在切削试验中保持上述切削参数不变，每个 CBN 材质的刀片加工零件数量可达 600 件以上，并且尺寸稳定性好。相较于陶瓷材质 CBN 材质价格昂贵，但从性价比考虑还是较为合适的。基于此，我们最终选用了 CNB 材质刀片有效解决了磨内孔效率不高的问题。

刀具磨损区域的三维重构

大连理工大学模具研究所 （辽宁 116023） 隗汉兴

刀具磨损是机械加工领域的重要课题，产生于切削过程中复杂的力学环境和热环境，具有较强的随机性，其几何属性如面积作为磨损程度判断的重要依据难以用传统手段测量。刀具磨损的变化对磨损效率和工件质量有着直接的影响，当磨损发展到一定程度时，刀具便丧失了加工精度，甚至可能失去切削能力。因此刀具磨损监测一直是国内外学者研究的热点。Jemielniak K 等提出使用声发射诊断加工刀具的磨损状况，由神经网络自动判断刀具是否已经磨损失效，该方法仍没有解决磨损区域的几何尺寸测量的问题。Szafarczyk M 等使用探针传感器测量刀具刀刃处径向尺寸的方法测量刀具磨损。该方法利用刀刃处的三角形几何关系由径向尺寸的变化计算磨损面积，该方法计算误差较大，而且难以实现小于探针直径的测量精度。近年来，计算机视觉技术被广泛应用到机械制造领域，尤其在测量方面的应用得到了广泛关注并提出了许多新的应用。B radley C 等提出了利用机器视觉对工件表面纹理进行分析的刀具磨损测量方法。该方法能够有效地建立起表面纹理变化和刀具磨损间的对应关系，是一种间接的刀具磨损测量方法。陈应洲等则提出了基于图像处理的几何参数测量系统，林琳等提出了刀具前刀面磨损的图像检测等。长期以来由于三维测量设备的应用限制，目前刀具磨损分析一直局限在二维形貌的分析上，磨钝标准的制定也仅限于平面二维参数方面的度量。

本文提出一种基于聚焦合成的方法，利用光学显微镜和计算机，实现刀具磨损的三维重构。刀具磨损区域的三维重构为研究刀具磨损形貌在加工过程中的变化以及磨损机理的研究提供了量化的依据。

1. 原理

（1）光学成像模型 根据近轴光学理论，对于一个理想的光学系统，正焦图像在像表面上的光照度正比于在物平面上的光照度，其物点和像点一一对应，物像关系式如下：

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f} \tag{1}$$

物体的成像原理如图 1 所示：当焦距 f 一定的时候，物距 u 与像距 v 是相互对应的，如果物距与像距不匹配，就会造成物体的像平面和感应平面不一致，因而产生了离焦图像。显微镜的景深是有限的，这种状况在放大倍数情况下更为明显。对于显微镜系统，像距，即图像采集设备的感应面与物镜镜头之间的距离是固定的，记为 v，与之对应的物距也是确定的，记为 u。因此当物体在

3. 以车代磨工艺存在的问题

（1）由于选用的数控车床为液压三爪自动卡盘，夹紧力大于普通内孔磨床的手动三爪自定心卡盘，易造成内孔变形且变形量不易控制，实际生产中采用降低卡盘夹紧力（本零件实际使用压力为 120PSi）和使用软三爪的方法解决此问题。从实际效果看，加工出的零件合格率在 97% 以上。

（2）车削时因产生的切屑为薄的卷条状，容易缠刀造成刀片破损，所以加工时应注意切屑的及时清理。

（3）CBN 刀片加工不宜使用切削液，只宜干切削加工。使用切削液会大大降低刀具的寿命，我们的试验表明使用切削液后刀具的实际寿命下降 50% 以上。

（4）由于该零件壁薄，以车代磨要特别注意热处理产生的应力和变形对零件加工的影响。

4. 结语

以车代磨工艺可以大大提高生产效率，降低生产成本。应根据零件硬度的高低而选用适当的刀具材质，对于具体的零件以车代磨时应做具体分析，要充分考虑到以车代磨所存在的问题是否影响产品质量。**MW**

（收稿日期：20080915）