磨加工对轴承套圈磁痕的影响

■ 洛阳LYC轴承有限公司、航空精密轴承国家重点实验室　（河南　471003）　张　玲

■ 洛阳LYC轴承有限公司　（河南　471003）　李万和

摘要：探讨了轴承套圈磨加工对磁痕的影响，了解到磨加工产生磁痕的种类及特点，进一步说明了磨加工自身导致的非相关磁痕具有可消除性，而流线不合理或其他因素所导致的非相关磁痕具有无法消除性。

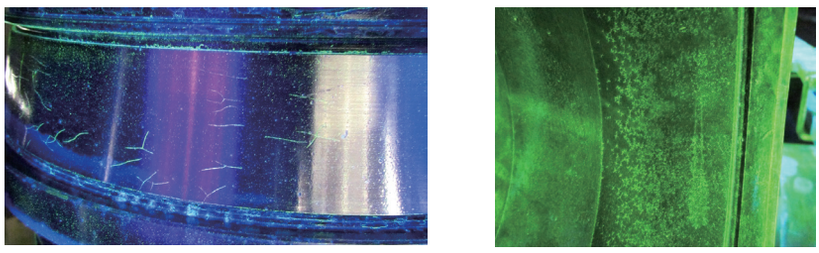
轴承套圈磨加工工序是采用高速旋转的砂轮作为工具，与旋转的工件表面接触，在磨削力的作用下，切除工件表面金属，形成新的表面的过程，使其表面达到一定的精度要求。磨加工原理实际是一种多刃高速的切削加工，是通过刀具作用的外力使金属受到挤压，形成局部塑性变形，当变形应力超过材料的屈服极限时断裂，达到去除表层金属的目的。磨削的过程实质上是滑擦、耕犁和切削的过程，从而使工件表面产生变形应力和热应力。

高碳铬轴承钢制零件在磨加工后的磁粉探伤中，可以发现其表面具有不同特征和不同原因所导致的多种形貌的磁痕。磁痕有相关磁痕和非相关磁痕两类。通过探讨影响轴承套圈在磨加工工序探伤发现的聚磁因素，可以判断磨加工工序中产生磁痕的性质，有利于磨加工工序中对产品质量的合理控制，满足高附加值产品加工的要求。

1. 磨削加工过程中过高温度对聚磁的影响

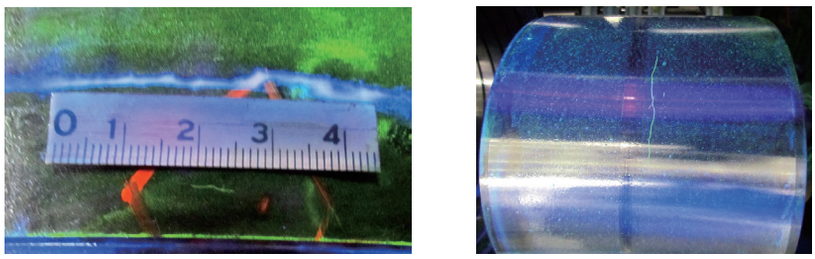
磨削过程是切削的过程，切削过程中金属受到反复的塑性变形产生高温。根据文献资料可知，高碳铬轴承钢的磨削区域温度高达1 000℃左右，磨削加工约60%～95%的热量传入工件和磨削液，仅有10%不到的热量被切屑带走。传入工件的热量在工件表面形成局部高温，当冷却不充分时，将会导致工件表面高温回火、烧伤以及加大磨削裂纹产生的可能性。尤其是双端面磨削、内表面的磨削，在磨削瞬时是无冷却水参与状态。磨削加工不当导致的磨削裂纹，其滚道面磨削裂纹磁痕形貌如图1所示，外径面磨削裂纹磁痕形貌如图2所示。

某型号轴承外圈采用先进



(a)　　(b)

图1　滚道面裂纹形貌



(a)　　(b)

图2　外径面裂纹形貌

的高精度设备保证加工精度和精度稳定性，该产品终磨外滚道在NOVA自动生产线的4GSP 140/350CNC机床上加工，外滚道磨削量不超过0.22mm（直径），采用高磨液配方的冷却水，产生的热量有限。所以即使工件表面有轻度“烧伤”，更甚的是浅表层有“裂纹”（见图1b），经显微分析，残留在工件表面的深度不会超过0.005mm（直径）。通过延长光磨（无进给磨削）时间（≥5s），可以消除缺陷表面。磨削热对聚磁的影响基本可以排除。该轴承外圈终磨外滚道磨削工艺参数如附表所示。

2. 摩擦形成的聚磁

砂轮的磨削过程除切削金属外，也存在摩擦。砂轮磨粒脱落性好、自锐性好，摩擦力就小；自锐性差的砂轮，工件表面承受的是较大的摩擦压应力。摩擦的结果除烧伤工件表面外，压应力作用的结果能在工件表面产生磁性。当金属受摩擦后，使得内部自由电子的运动或排列变得有规律，因而不显示磁性的工件具有了磁场的方向性。这类聚磁方向与工件的磨削纹路一致。现在无心电磁夹具的磨床大多有磨削后退磁（消磁）功能，工件退卸后，磁力线已经被打乱，所以不显示磁纹方向（见图1b），也有个别在机床退磁、消磁功能不足的情况下，探伤发现工件表面有与磨削纹路一致的短磁痕。因此，经过试验，这类产品一般放置一段时间后，重新探伤检验，聚磁现象减轻或者消失；聚磁程度较轻或更换精度等级好的设备再次探伤检验，聚磁现象消失。

3. 砂轮中的铁磁性材料造成的聚磁

砂轮在制造过程中要反复剔除磨料中的铁磁性材料，用无磁性的材料制作砂轮。但在制造过程中不可避免或者剔除得不彻底，砂轮中会存在分散或者比较集中的铁磁性材料，反而铁磁性材料参与磨削过程中，在工件表面形成“磁写”，使得工件在探伤时产生密集聚磁，它与摩擦形成的聚磁相似，但不同的是，“磁写”过的工件即使放置较长时间，聚磁也难以自动消失并且有复探的重复性。曾经在NOVA自动生产线上终磨套圈外滚道工序，出现外滚道全部存在密集的聚磁现象。为了验证是否因砂轮的不纯净造成铁磁性材料形成“磁写”，将砂轮更换后返修该班产品，聚磁现象全部消失。因此“磁写”属于非相关磁痕。经过砂布或油石打光，或者使用新的砂轮返工处置，原来的聚磁现象均能够消除。

4. 机械加工因素引起的非相关聚磁

工件表面因塑性变形和冷作硬化而导致的磁痕。套圈被磁化时，外径表面有磕碰的区域因为产生塑性变形和冷作硬化，形成局部漏磁场，磁粉粒子被漏磁场吸附而聚集形成磁痕，当表面磕碰伤、划伤被继续磨削消除后，虽肉眼观察不到明显的磕碰痕迹，但因其表面残余内应力未完全消失，该部位仍会形成微弱的漏磁场而吸附磁粉，这类磁痕属于非相关磁痕，磁痕形貌如图3所示。

5. 流线不合理导致的磁痕

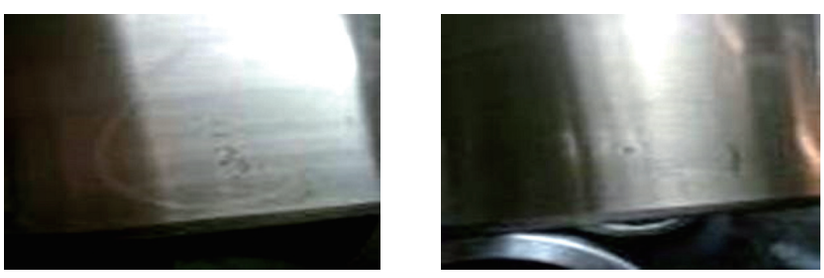
某批次产品加工过程中，磁粉探伤发现，套圈滚道表面密集大面积且沿滚道圆周方向的磁痕形貌，且产品中出现的比例较大。流线型磁痕形貌如图4所示。采用相同的磨加工机床，通过样品解剖及内部组织分析，对过磨磁痕套圈与非磁痕套圈进行对比试验，结果发现过磨后的磁痕样圈仍然具有磁痕，而无磁痕样圈仍无磁痕，排除了原材料及其他工序引起的磁痕，显然，此类磁痕的发生与磨加工工序无关。

6. 其他磨加工因素的影响

磨削参数设置的进给量大、

磨削参数

外滚道留量/mm	光磨时间/s	砂轮粒度/目	砂轮外圆线速度/（m/min）
0.10～0.22	≥5	100	45



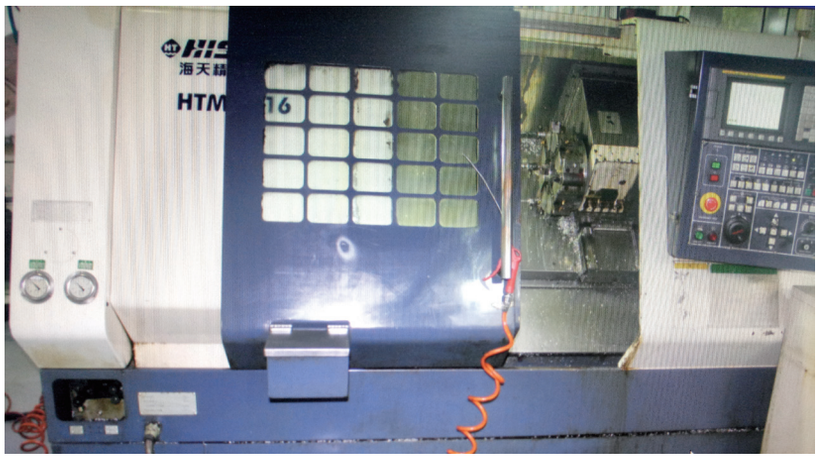
(a)　　(b)

图3　外径面磁痕形貌

尺寸引出法在测量中的灵活应用

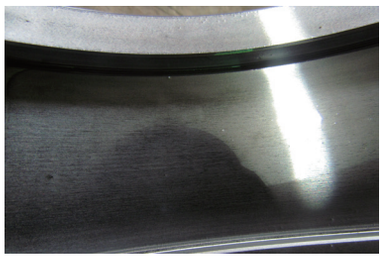
河南北方星光机电有限责任公司　（邓州　474150）　杨亚锋　孙　亢　李　朔

摘要：针对零件结构小的尺寸不能使用通用量具和量仪直接测量的问题，提出经济、简单的“尺寸引出法”，有效地解决了测量问题。



1. 问题的提出

通常从事产品零部件制造的企业都配置有三坐标测量机、影像仪和投影仪等测量设备，这些设备功能强大，测量范围广，在首件尺寸鉴定测量中发挥了很大的作用，但实际测量中，由于零件构成尺寸和结构部位的特殊性，采用上述设备仍存在不能直接测量的问题，下面几个图例为



(a)

(b)

图4　流线型磁痕形貌

冷却水冷却不充分或者冷却性能下降、加工余量过大、空行程距离调整不足，以及砂轮与工件撞击都是影响磨加工后聚磁的重要因素，这些因素的影响机理不外乎是温度对聚磁的影响。测量仪器、工作台面上带磁也会有所影响，这类影响的机理同“磁写”机理一样。另外，砂轮的粒度、磨削后表面粗糙度值、探伤用磁粉目数（目数越大，磁粉越细）等都影响探伤后聚磁判定的准确性。

7. 结语

磨削加工过程因磨削参数、润滑冷却状态以及采用的磨削砂轮性能等条件不同，可产生裂纹磁痕或者其他形貌的非相关磁痕。当磨加工设备状态正常时，可以避免或消除相关磁痕的发生。而对某些滚道锻件流线不合理所致的周向非相关磁痕的发生，显然与磨加工工序无关。

参考文献：

[1] 仵永钢，张玲，尤绍军，等. 轴承零件的非相关磁痕显示形貌及产生原因[J]. 无损检测，2015，37（11）：84-87.

[2] 技工学校机械类通用教材编审委员会. 磨工工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，1980：20.

MW（收稿日期：20171030）