

工具磨床磨削成形面质量控制 关键问题

■ 洛阳轴研科技股份有限公司 (河南 471000) 马 磊 李 琦 杨立光 权超健

摘要: 烧伤对工具磨床磨削成形面质量影响较严重, 为了预防磨削烧伤, 通过对成形面烧伤机理的分析, 基于工具磨床的操作规程, 提出了预防成形面烧伤的措施。

1. 工具磨床的特点

磨削加工是零件表面精加工的一种重要加工工艺, 被广泛应用于高精度和高粗糙度质量要求工件的生产过程中, 磨削精度达1~2级, 表面粗糙度值达 $R_a=0.1\sim0.8\mu\text{m}$ 。与其他加工工艺相比, 磨削加工切除单位体积材料时需要非常高的能量输入, 这些能量几乎全部转化为热量集中在磨削区内, 导致磨削区的温度瞬间升高。

工具磨床可磨削工件的平面、侧面、槽面、斜面和圆弧面等复杂成形面。适用于工具车间和模具车间对工具、模具零件的磨削加工。该机床工作台采用液压传动; 砂轮架采用电动机驱动快速升降和手动微量升降两套机构。垂直导轨、横向导轨采用贴塑导轨。机床精度稳定, 操作灵活方便。其磨削成形面的方式是通过式, 属于成形磨削, 磨削类型属于干磨削。

2. 工具磨缺陷

磨削加工一般作为终工序,

其任务就是保证产品零件能达到图样上所要求的精度和表面质量。在进行磨加工时, 零件一般会出现两大类缺陷: 一是表面精度缺陷, 主要包括表面粗糙度、表面波度、表面纹理、表面瑕疵及尺寸要求等方面的缺陷; 二是表面层物理力学性能缺陷, 主要包括表面层硬度、表面层组织、表面层残余应力及烧伤等缺陷。

工具磨床磨削成形面生产中, 发现以下影响工件质量控制的问题: ①容易出现成形面均匀或局部烧伤。②砂轮修整频繁影响生产效率。③成形面易出现振纹。由于成形面振纹主要因系统刚性振动产生, 所以在此不做过多研究。而砂轮的修整主要是为了防止工件烧伤并保持工件的形状精度, 因此, 主要针对工件成

形面烧伤方面进行质量控制关键问题的研究。

3. 烧伤机理分析

磨削时, 砂轮与工件间经历摩擦、耕犁和切削3个阶段, 消耗的机械能90%以上转变为热能, 使磨削区产生瞬时高温(900~1500℃), 导致成形面表面组织发生局部变化, 并在表面的某些部分形成氧化变色, 这种现象称为磨削烧伤。

根据磨具工具磨床磨削工件烧伤外观不同, 可分为全面烧伤、局部斑状烧伤、局部烧伤及线条状烧伤等, 如图1所示是全面烧伤, 烧伤范围、深度比较大; 图2所示是局部斑点烧伤, 烧伤范围比较小; 图3所示是局部烧伤, 但烧伤程度不均匀; 图4所示是线



(a)



(b)

图1 全面烧伤

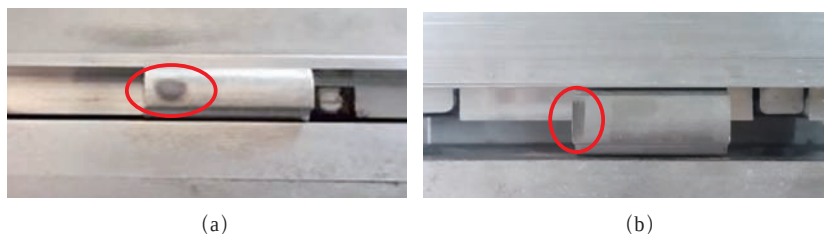


图2 局部斑状烧伤



图3 局部烧伤

图4 线条状烧伤

条状烧伤，烧伤处如同一条线一样。根据烧伤深度又可分为浅度、中度和深度烧伤。最常见的是局部烧伤和全面烧伤。由于烧伤表面往往伴有氧化作用，形成氧化膜，所以可根据表面颜色判断烧伤程度。

尽管烧伤形状、程度各异，但导致磨削烧伤的直接原因都是磨削温度过高，而影响磨削温度的因素有磨削液、磨削参数、砂轮参数、工件材料和夹具等。本次研究内容属于干磨成形面，因此，烧伤因素应主要从磨削参数、砂轮参数和夹具进行研究。

(1) 磨削参数：根据磨削工件表面温度公式

$$t_a = C v_w^{0.2} a_p^{0.35} f^{-0.3} v_s^{0.25}$$

式中， t_a 为磨削工件表面温度； C 为热容； v_w 为工作台运动速度； a_p 为磨削深度； f 为砂轮进给量； v_s 为砂轮速度。由公式可以看出，磨削深度、砂轮进给量和砂轮转速对工件表层温度影响较大，其中磨削深度和砂轮转速与工件表层温度成正比关系，砂轮进给量与工件表层温度成反比关系。工作台往复运动速度增加可

以使工件表面温度增加，但是由于工件与砂轮接触时间变短，工件表面产生的热量主要以辐射散热和对流换热传出，导致传入工件内部的热量降低，使工件表层下各深度的温度差增大。另外，工具磨床磨削过程是磨削圆弧面，因接触面较大，砂轮易堵塞导致烧伤。

(2) 砂轮参数：砂轮选的太硬，钝化的磨粒不能及时脱落而产生大量磨削热，造成工件烧伤；砂轮粒度号过大（磨粒过小），组织过紧，容易引起砂轮堵塞，磨削热不易及时传出，引起烧伤；修整砂轮频率低，砂轮钝化，也易引起表面烧伤。另外，砂轮结构散热效果不同，也可引起烧伤。

(3) 夹具稳定性和可靠性对工件的烧伤。夹具稳定性较差，同一批工件，同样的磨削参数也将会引起烧伤；装夹不可靠，工件磨削时受到砂轮滑擦力作用出现移动也可导致烧伤。

4. 表面烧伤对工件的影响

磨削加工中被加工工件材料的表面层受到磨削力的作用，

产生冷态塑性变形，使晶格扭曲，晶粒被拉长呈纤维化，甚至碎化，改变了工件表层的组织结构，使表层产生加工硬化，从而引起工件性能改变。表面烧伤时，瞬间高温对表层组织进行软化作用，使工件表层硬度降低，影响工件的耐磨性；另外，由于工件表层温度高于里层温度，工件出现热态塑性变形，这种冷态、热态塑性变形导致表层产生残余应力。

由于材料的金相组织密度不同，体积也不同，当工件烧伤时，表层体积膨胀，金相组织密度改变，使工件表层的金相组织发生变化。由于工件表层金相组织的改变，残余应力的产生导致工件的耐疲劳性、耐腐蚀性能降低。并且由于残余应力的存在，工件几何形状和尺寸发生改变，从而影响了工件的配合精度和配合性质。

由上述可见，烧伤工件已失去了工件所需的性能指标，属于报废品，因此，在生产实践中要尽量避免工件烧伤现象的出现。

5. 烧伤预防措施

磨削热过高引起烧伤，则预防烧伤就应对减少磨削热的因素进行研究，而成形面磨削过程主要是砂轮与装夹的工件相互作用，因此主要对磨削参数、砂轮参数及装夹状况进行研究。

(1) 磨削参数：①工作台速度。工作台速度越慢，单位时间内磨粒磨削工件的次数就越多，从而被磨表面的温度越高，砂轮堵塞也越严重，加重了磨削热的产生。然而，加快工作台速度将

使工件表面粗糙度质量变差。因此,粗磨时应该适当加快工作台的速度,精磨时适当放慢工作台速度。②磨削深度。根据砂轮磨削工件表面温度公式可知,磨削参数对工件表面温度的影响中,以磨削深度的影响最大,砂轮速度次之。工具磨床砂轮主轴由普通电动机驱动,砂轮转速已定,因此磨削参数中主要研究磨削深度对减轻烧伤的影响。

磨粒在砂轮工作表面上的分布不均匀,且高低参差不齐。由磨削运动的关系可知,实际参与磨削工作的磨刃数将少于砂轮表面的磨刃数。磨削中增大磨削深度 a_p ,将使砂轮上静态有效磨刃数增加,磨削热增大,砂轮的金属磨除率增大,效率提高。因此,粗磨时应选稍大的 a_p ,精磨时磨削余量小,宜选稍小的 a_p 。

(2) 砂轮参数:①砂轮粒度。砂轮越细,磨削能力越差,磨粒与工件的有效接触数量越多,磨削功率消耗越大,产生的磨削热越多。磨粒粗,将导致工件表面粗糙度值偏大,工件表面精度不易满足要求。因此,粗磨时选择砂轮粒度号小一些的,精磨时选择砂轮粒度号大一些的,以满足工件表面质量要求。②砂轮硬度。砂轮硬度越高,钝化的磨粒越不易脱落形成新的磨刃,同时磨刃间距变短使切屑形状变小,砂轮堵塞增加导致磨削热增大。砂轮硬度低,将使砂轮的形状保持性降低,导致砂轮修整频率增加,影响加工效率。因此,粗磨时宜选择软点的砂轮,以提高磨削效率;精磨时磨削余量小,宜选择偏硬的砂轮,以保持

成品工件的形状设计要求。③砂轮组织。砂轮组织是指砂轮中的磨粒、结合剂、气孔三者之间的体积关系,一般以磨粒率或气孔率来表示砂轮组织的松紧程度。粗磨时磨削余量大,磨削热高,宜选用组织偏松的砂轮,以加快磨削热的导出。精磨时宜选用组织偏紧的砂轮,以获得较高的砂轮成形修整精度和较好的形状保持性。④砂轮形状。砂轮上开槽,可实现间断磨削,工件间断性受热,并且改善工件的散热条件,从而可减轻工件的烧伤。但是,开槽的砂轮磨削能力降低,只适用于极易烧伤的工件磨削过程。

(3) 砂轮修整:长时间使用砂轮,导致砂轮堵塞,磨粒锋刃变钝,如果不及时修整砂轮将导致磨削力增大,使工件表面沿砂轮旋转方向出现划痕,磨削热增大,最终导致工件烧伤,也叫划痕烧伤。因此,磨削过程中需适时修整砂轮。修砂轮的频率可根据磨削声音或凭操作经验确定。

(4) 装夹力:工具磨削成形面的夹具选用专用虎钳夹具,当装夹力不足时,磨削时工件发生瞬间滑动引起表面烧伤,并且对操作人员安全危害较大。因此装夹时需夹紧牢固工件。

综上所述,粗磨时选择砂轮粒度粗、偏软、组织松的砂轮,并且加快工作台的往复运动速度,适当加大砂轮的进给量,及时修整砂轮;精磨时选择砂轮粒度细、偏硬、组织紧的砂轮,并且减慢工作台的往复运动速度,适当降低砂轮的进给量,及时修整砂轮。

参考文献:

- [1] 李伯民,赵波,李清.磨料、磨具与磨削技术[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [2] 张红霞,陈五一,陈志同.SG砂轮磨削钛合金烧伤机理[J].北京航空航天大学学报,2008(1):22-26.
- [3] 叶伟昌,梁萍.新型砂轮的发展与应用[J].精密制造与自动化,2003(3):26-32.

MW (收稿日期:20150202)

专家点评



作者通过对工具磨床加工成形面的质量控制,探讨了磨削过程中出现的烧伤问题及预防措施。尽管烧伤形状、程度各异,但导致磨削烧伤的直接原因都是干磨成形面时,磨削区域的温度过高所致。抓住问题的关键后,作者从砂轮参数、磨削参数、砂轮形状、砂轮修整及装夹方式等工艺角度进行分析和研究,提出了粗磨、精磨时预防表面烧伤的方法。在工具磨床的成型面磨削中,具有很好的实用价值和指导意义。