

变密度微圆坑织构排布刀具切削性能测试分析

刘超

(新乡职业技术学院,数控技术学院,河南省新乡市,453000)

摘要 为了进一步提高机械制造加工质量,本文设计了一种变密度微圆坑织构排布刀具。钛合金为对象开展切削性能测试,对比了表面微织构下的切削效果。研究表明:保持微结构变化可以形成较高切削作用力,微凹坑能够起到储存杂质的作用,迅速填补凹坑缺陷,延长了刀具与切屑的接触时间。200~150~175区域形成了最低温度,在相同密度下温度升高,织构化效果也越致密,这时凹坑组织表现出了优异减磨性能。该研究有助于提高刀具切削精度,具有很好的应用效果。

关键词 刀具;微织构;变密度;切削性能

中图分类号:TG711 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)06-0004-02

在零部件加工成型过程中由于存在剧烈切割摩擦、高应力作用等因素的影响,容易引起温度快速升高而发生组织结构软化的现象,最终导致刀具发生破坏^[1]。尤其是在钛合金切削加工过程中表现得更加明显,为了获得更长的刀具使用寿命以及提升加工精度,就必须对提高工具耐磨性能进行更深层次的研究^[2-3]。

近年来,国内外学者采用电火花、激光加工等方法在刀具表面制备微织构以改善切削性能。研究表明:刘朝伟等^[5]发现横向沟槽织构刀具切削TC4钛合金时磨损最小,减摩抗黏效果最佳;王栋梁等^[6]采用圆孔-直槽混合织构刀具,证实提高切削速度可降低表面粗糙度;方锐等^[7]通过微织构刀具车削304不锈钢实验,建立了振动车削模型并优化了切削参数。基于上述研究,本文提出新型变密度微圆坑织构排列方案,并通过钛合金切削试验,系统分析不同织构密度对切削效率的影响规律,为优化微织构刀具设计提供理论依据。

1 微织构密度刀具设计

对金属材料进行切削时,其正应力表现出明显的非均匀性特点,即靠近刀刃的部位会发生显著的组织变化,远离刀刃的部位则呈现相对平稳的变化

趋势。刀具与屑接触区形成了密切接触的状态,因此产生变化幅度很大的摩擦系数^[8]。在试验过程中,前刀区远离刀具的部分为峰点接触,这与经典摩擦学理论相符,试验过程中各接触点均维持相同摩擦因数。由此可见,在进行刀具磨损试验的过程中,必须对致密接触面的摩擦状况进行深入研究。

切削动态是指在金属切削加工过程中,刀具与工件之间的相对运动状态。在车削过程中,工件的旋转运动是主运动,而刀具的纵向或横向移动则是进给运动。为了对刀-屑的接触区域开展进一步研究,建立了刀具与工件坐标系,并根据工件的定位来确定其尺寸。以刀尖为起点,在空间坐标系下建立了刀位和工件的模型,并计算机床原始定位参数。将走刀面等效为圆柱面,在切割过程中沿切割边缘具有圆周运动的特点。

2 试验方案

2.1 试验条件

本文采用BNM-200系列的YG8硬质合金刀具进行试验。利用光纤激光器进行刀具测试,结果表明,设定激光器输出功率90W、加工功率比例90%、扫描速度1 000m/s时形成了最佳凹坑形貌。设定切割深度0.7mm,宽0.5mm,切割速度120m/min,进给量为0.008mm/z,转动速度1 912r/min。采用TC4钛合金作为试验材料,将其加工为150mm×100mm×70mm的块体结构。

根据以上分析,本文控制微坑织构直径50 μm ,厚度20 μm ,呈凹坑形态,x、y、z中心间距依次为

作者简介:刘超(1983~),男,河南郑州人,讲师,研究方向:机械工程。

150 μm 、175 μm 、200 μm 。

2.2 切削温度测量方法

为了获得较快的响应速度,本研究选取了一种具有独特结构的E12-3-K-U热电偶进行测试。通过IESC多功能软件进行各种数据的收集,能够实现16路的数据处理,同时满足各传感器及主机对数据的快速采集要求。同时,该系统能准确测量出各温差电偶参数。同时本文增加了一个测温元件来实现对测温结果的自动补偿。

为了保证加工过程中同时实现加工载荷和温度的控制,需要将热敏电阻和压力计与被加工对象相连,并在E12-3-K-U型热电偶上安装专用配套工具。在钛合金加工过程中,可以实现对微细组织化工具各种工艺参数的精确测定。

3 结果分析

3.1 切削力分析

图1测试结果表明,采用均匀排列且微结构变化的组织设计可获得较高切削力,这主要归因于切屑在前刀面排出时对微凹坑区域的二次切割效应减弱(切削阻力降低15~20%)。当采用200~150~175 μm 的梯度排列方式时,钻孔作用力可降至最小值。微凹坑结构能有效储存切削杂质并快速填补表面缺陷,使刀具-切屑接触时间延长约25%。但研究发现,当微组织间隔小于200 μm 时,二次切割效应会导致切削载荷增加12~18%,因此优化设计将组织间隔控制在200 μm ,可在保证减摩效果的同时有效降低加工载荷。

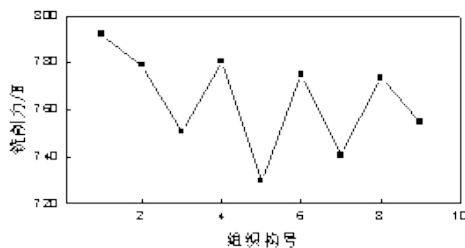


图1 切削力结果

3.2 切削温度分析

对图2进行分析可知,200~150~175区域形成了最低温度,在相同密度下的3个试验温度都发生了升高的变化趋势,其中,150 μm 的组织化能够达到最低切割温度,并且当组织层的间隔越小时,组织化效果也越致密,这时凹坑组织表现出了优异减磨性能。试验结果表明,由于刀具间隙较小,使其在

加工时的切割热量主要来源于刀具与工件的直接接触作用,使其具有较强的控温能力。因此在这一区域内,微观结构对其产生的影响很小。同时发现,200 μm 级的凹坑间隙比175 μm 级的温度更低,这是因为当微米级凹坑越多时,工具与工件之间的摩擦区域也越少,而每一块区域内的摩擦都会产生更多热量,从而造成接触表面温度的明显升高。

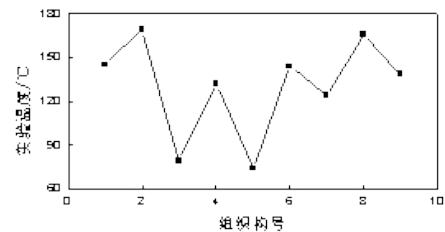


图2 切削温度结果

4 结论

本研究对变密度微圆坑组织刀具的切削性能测试表明:保持微结构变化可形成较高切削力,同时微凹坑能储存杂质并快速填补缺陷,从而延长刀具与切屑的接触时间。此外,在200~150~175区域出现最低温度,但随着组织密度增加,相同密度下温度升高,而组织化越致密时,凹坑组织表现出优异的减磨性能。

参考文献

- [1] 冯新敏,刘鑫,王座.微组织刀具磨损的研究现状[J].机械设计与制造,2023(10):298-304.
- [2] 刘锐,周利平,李凯.基于遗传算法的微组织刀具组织参数仿真研究[J].工具技术,2023,57(04):120-123.
- [3] 吴艳英,邹中妃,吴锦行.微槽车刀切削304不锈钢切削力及切削能分析[J].组合机床与自动化加工技术,2022(11):131-134.
- [4] 周云,何玉洋,杨泽檀,等.复合组织刀具切削铝合金的性能[J].中国表面工程,2022,35(03):281-288.
- [5] 刘朝伟,杨发展,姜芙林,等.基于ABAQUS的YW1组织刀具切削仿真与试验研究[J].工具技术,2024,58(04):70-76.
- [6] 王栋梁,张继林,易湘斌.切削速度对微组织涂层刀具切削性能的影响[J].现代制造工程,2023(07):106-111+159.
- [7] 方锐,邹平,段经纬,等.微组织刀具三维超声振动车削304不锈钢研究[J].东北大学学报(自然科学版),2022,43(12):1761-1768.
- [8] 张孟喜,杨芝璐,张靖,等.复合地层盾构滚刀磨损风险等级模糊评判[J].安全与环境学报,2021,21(01):78-85.