

低温微量润滑技术铣削高强钢的试验研究

Experimental Study on Milling High-Strength Steel With CA-MQL Technology

北京航空航天大学机械工程及自动化学院 袁松梅 刘伟东 严鲁涛



袁松梅

袁松梅,工学博士,副教授。主要从事绿色切削技术及装备、智能结构及器件研究。主持高档数控机床与基础制造装备科技重大专项课题、国家自然科学基金、教育部高等学校科技创新工程重大项目培育资金项目、教育部留学回国人员科研启动基金、国家科技支撑计划子课题及企业科研项目等多项课题,申请国家发明专利 15 项,第一发明人已授权国家发明专利 4 项。EI 收录文章 13 篇,SCI 收录文章 4 篇。

在传统切削加工中,为提高刀具使用寿命,减少切削热的产生和提高表面质量,常将切削液浇注到切削区

在用硬质合金刀具铣削高强钢 30CrNi2MoVA 过程中,通过对试验数据的比较和分析发现,低温微量润滑切削可以抑制刀刃处粘结物产生,延长刀具使用寿命;在相同切削参数条件下,采用低温微量润滑技术可以降低切削力,从而降低机床主轴功耗,减少切削热的产生;与干切削相比,使用低温微量润滑切削可以得到较好的表面质量。

进行冷却润滑^[1-2]。随着制造业的发展,切削液的使用量日益增多,而它带来的负面影响也引起人们的重视。首先,切削液在生产、使用和排放等各时期都会严重污染环境;其次,切削液对人体有很大危害,在使用过程中易引起呼吸道、皮肤及神经性疾病;此外,冷却液的生产和使用成本也很高,据统计冷却液的相关费用远大于刀具费用,且有上升趋势^[3-5]。30CrNi2MoVA 钢是一种含钒的低合金高强度钢,广泛用于兵器工业^[6],在对它进行切削加工的过程中,同样存在大量使用切削液的问题。

低温微量润滑切削将 $-100\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的压缩空气与微量润滑技术相结合,代替传统的切削液,是强烈冲刷切

削区的一种冷却润滑方法^[7]。其使用成本远低于传统切削加工,而且低温微量润滑使用的介质是空气和微量的无害润滑油,对环境几乎无污染^[8]。在环保意识逐渐提高的今天,作为绿色切削的一部分,低温微量润滑切削技术已引起人们的高度重视。本课题采用多种冷却润滑方式对高强钢 30CrNi2MoVA 进行试验研究,并探讨低温微量润滑技术的可行性。

试验方法

1 试验条件

(1) 试验材料: 低合金高强钢 30CrNi2MoVA。

(2) 机床: 沈阳机床立式加工中心 VMC0850B。

(3)冷风装置:自研低温冷风系统, -30°C , $0.5\text{m}^3/\text{min}$ 。

(4)微量润滑装置:自研微量润滑系统;油量: 20mL/h 。

(5)刀具:硬质合金机夹刀,直径 40mm ,2齿。

2 试验方法

(1)试验系统。

试验系统由机床、刀具、工件、空气压缩机、干燥机、低温冷风系统、微量润滑系统、测力仪、粗糙度仪及显微镜组成。试验系统的搭建方式及低温微量润滑系统如图1和2所示。

(2)试验方案。

本试验采用4种切削条件:干式切削、传统切削(切削油)、低温冷风切削(-30°C)以及低温微量润滑切削。选用相同的切削参数和切削时间,记录切削力、刀具磨损、工件表面粗糙度和断屑情况。

对微量润滑和低温冷风,分别采用双喷嘴,为了使刀具冷却润滑均匀,在刀具进给方向的前后分别安置微量润滑喷嘴和低温冷风喷嘴。

3 切削参数

主轴转速: $2000\text{r}/\text{min}$;

背吃刀量: 0.5mm ;

进给速度: $200\text{mm}/\text{min}$;

切宽: 40mm (槽铣);

每齿进给量: $0.05\text{mm}/\text{z}$ 。

结果与讨论

1 刀具磨损

刀具磨损按照磨损形态可分为前刀面磨损、后刀面磨损以及边界磨损^[9-10]。以后刀面磨损作为磨钝标准,试验测得不同切削条件下,后刀面磨损带宽度 VB 随切削时间的变化曲线见图3。

干切削条件下的刀具磨损最剧烈,在切削 17min 后, VB 值达到 0.318mm ,远大于低温微量润滑条件下的 0.184mm (图3)。传统切削条件下的刀具磨损略好于冷风切削。低温微量润滑条件下的 VB 值最小,且在切削结束时仍处在稳定磨损阶段。

可见,在切削过程中冷却和润滑起着同样重要的作用。冷风切削时润滑效果较差,传统切削时冷却效果相对较差,而且传统切削时在渗透能力方面较弱^[11]。低温微量润滑将冷却和润滑结合起来,发挥了最好的冷却润滑效果,故刀具磨损较小。

在切削过程中,各种切削条件下的刀具磨损状态也有所不同,切削 5min 后刀具的磨损状态见图4。采用干切削、传统切削和冷风切削3种切削条件时,刀刃处存在一些粘结物,这些

粘结物是由工件材料在较高的切削温度和较大的切削力的条件下粘结在刀具上形成的,会在切削过程中不断被带走和重新形成,从而会发生刀具的粘结磨损^[9]。低温微量润滑切削条件下,刀刃处几乎没有粘结物,所以其粘结磨损最小。

2 切削力

切削力指金属切削时刀具切入工件,使被加工材料发生变形并成为

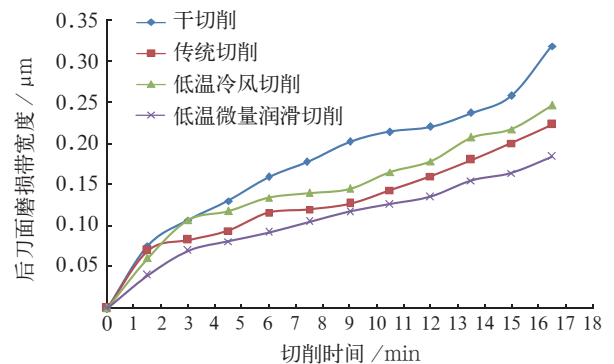


图3 不同切削条件下后刀面磨损带宽度 VB 的变化曲线

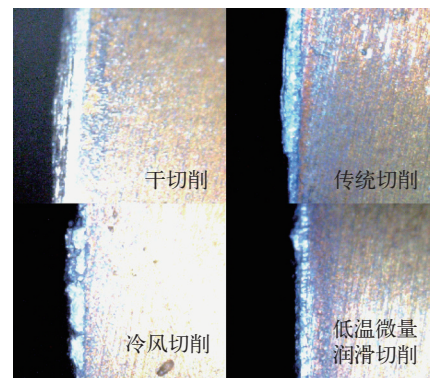


图4 刀具磨损状态

切屑所需的力^[8]。切削力是计算机床功耗的重要数据,对切削机理的研究有重要意义。通过试验测量得到几种冷却润滑条件下的切削力的变化曲线如图5所示。

随着切削时间的增加,所有切削力曲线呈上升趋势,而干切削时的上升趋势尤为明显。这是由于刀具磨损使刀刃变钝,从而使切削力变大。干切削的切削力明显大于其他切削方式,其次是低温冷风切削,而低温

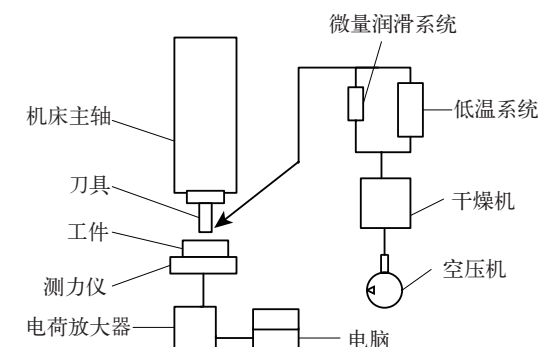


图1 试验系统示意图



图2 低温微量润滑系统实物照片

微量润滑切削产生的切削力最小。

在铣削过程中,主轴电机消耗的切削功率与切削力成正比关系^[10],切削力大说明切削功率大,会产生较高的切削温度,这对刀具寿命和工件的表面质量十分不利。

3 表面粗糙度

表面粗糙度指工件表面的微观几何形状误差,是衡量切削加工表面质量的重要指标^[12]。通过试验测量的几种切削条件下的表面粗糙度变化曲线见图6。

干切削条件下获得的表面粗糙度较大,且随着切削时间的增加而明显增加, R_a 最高值接近 $0.4\mu\text{m}$ 。而其他切削方式下的粗糙度较小, R_a 值基本在 $0.2\mu\text{m}$ 以下,且变化比较平缓。

显微镜下的工件表面照片见图7。相同倍率下,干切削下工件表面有明显加工痕迹,而低温微量润滑切削下只有轻微砂纸纹,辨不清加工痕迹的方向,说明工件的表面粗糙度较好。

可见,冷却润滑条件是影响工件表面质量的重要因素。低温微量润滑与冷风切削及传统切削效果相当,都可以得到较好的表面质量。

4 切屑

本课题对不同冷却润滑方式下产生的切屑进行了研究,试验过程中切削的实物照片见图8。

干切削下切屑整体呈蓝色;传统切削条件下也有大面积蓝色区域;冷风切削下切屑有一小部分呈蓝色;而低温微量润滑切削产生的切屑几乎无蓝色区域。蓝色切屑是切屑在切削温度很高的情况下被氧化而形成的。从试验结果中可以推出干切削的切削温度最高,其次是传统切削,而低温微量润滑切削的切削温度最低。这说明低温微量润滑切削中,冷风的加入对降低切削热有着明显效果。较低的切削温度也是刀刃处不产生粘结物的主要原因。

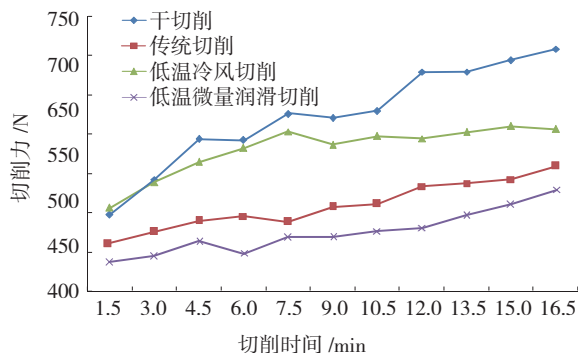


图5 不同切削条件下切削力的变化曲线

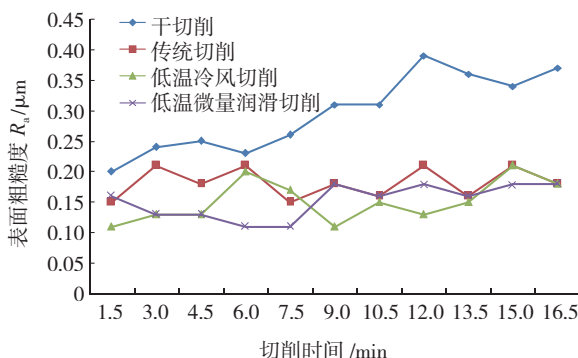


图6 不同切削条件下工件表面粗糙度变化曲线

低温微量润滑切削和冷风切削2种条件下产生的切屑长度约16mm,小于另外2种切削方式下的切屑(26mm),这说明冷风以一定压力吹到切屑区,可以改善断屑效果。

结束语

在用硬质合金刀具铣削高强度30CrNi2MoVA过程中,通过对试验数据的比较和分析发现,低温微量润滑切削可以抑制刀刃处粘结物产生,延长刀具使用寿命;在相同切削参数条件下,采用

低温微量润滑技术可以降低切削力,从而降低机床主轴功耗,减少切削热的产生;与干切削相比,使用低温微量润滑切削可以得到较好的表面质量。对切屑的研究表明,低温微量润滑切削由于冷风的加入,换热效果优于其他几种切削方式,且有利于断屑。

综上所述,低温微量润滑在硬质合金刀具切削高强度(30CrNi2MoVA)中取得了很好的效果,说明用低温微量润滑技术代替传统切削,实现绿色

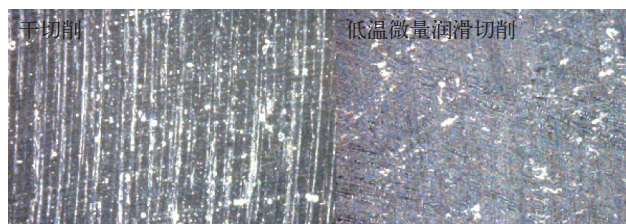


图7 工件表面状况

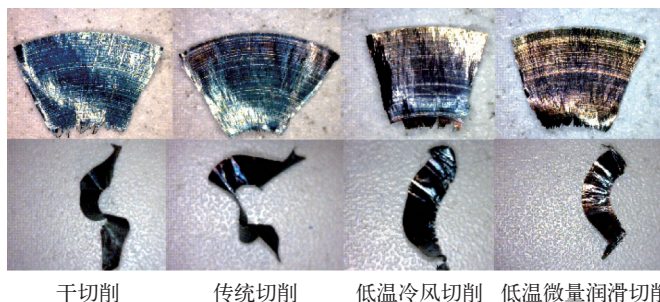


图8 不同切削条件下的切屑状况

切削是可行的。

本文共有参考文献12篇,因篇幅所限未能一一列出,读者如有需要请向本刊编辑部索取。(责编 良辰)