

不同刃部处理硬质合金钻头的钻削力研究

毛哲西¹, 刘钢²

¹上海理工大学; ²山东大学

摘要: 采用不同刃口处理形式的硬质合金钻头对 40Cr 材料进行单因素钻削对比试验, 研究了钻削速度及进给量对切削力的影响。结果表明: 对于无涂层钻头, 随着进给量提高, 抛光钻头的切削力要小于未抛光钻头; 对于涂层钻头, 随着进给量提高, 抛光钻头的切削力要大于未抛光钻头。随着切削速度的增加, 无涂层钻头的钻削力先增大后减小; 涂层钻头的钻削力则一直增大。

关键词: 刃部处理; 抛光; 涂层; 钻削力

中图分类号: TG713

文献标志码: A

Study on Drilling Force of Carbide Drill with Different Edge Treatment

Mao Zhexi, Liu Gang

Abstract: The carbide drills with different edge preparation were used for drilling of 40Cr. The influence of drilling speed and amount of feed on drilling forces has been studied by the single factor experiment. The conclusions indicated: when the feed went bigger, the drilling forces of the polished drills were lesser than unpolished drills for un-coating drills; but for coating drills, the drilling forces of the polished drills were greater than unpolished drills. With the increase of cutting speed, drilling forces of un-coating drills mounted up first but went down afterward; and the drilling forces of coating drills increased monotonously.

Keywords: edge preparation; polish; coating; drilling force

1 引言

钻头作为一种孔加工工具, 在各种材料的加工中应用非常广泛, 是切削金属的最重要的加工方法之一, 约占整个金属切削加工的 33%^[1]。加工一般材料(如木材、铜、铝等硬度较低的材料)时, 可使用高速钢钻头; 对于硬度及加工精度要求较高的材料, 可采用不同型号的硬质合金钻头; 随着切削加工不断向高速、高效、高精度方向发展^[2], 单纯的硬质合金不能满足使用要求时, 抛光、涂层等各种刃部处理技术又被应用到钻头上。

正确的刃口处理方式能够显著改善切削效果。钻头的主切削刃在切削过程中起着主要切削作用, 其刃口形状的改变和参数的优化能有效提高刀具切削性能, 延长刀具寿命^[7]。钻头刃口处理按型式可分为圆弧型刃口、“瀑布型”刃口和斜面型刃口; 按处理方式可分为抛光、钝化涂层等。

涂层刀具是近 20 年出现的一种新型刀具材料, 是刀具发展中的一项重要突破, 是解决刀具材料中硬度、耐磨性与强度、韧性之间矛盾的一个有效措

施^[3]。目前, CNC 机床上所用的切削刀具 90% 以上是涂层刀具^[4]。涂层刀具是在一些韧性较好的硬质合金或高速钢刀具基体上, 通过化学气相沉积法(CVD)和物理气相沉积法(PVD)以及其他技术, 涂覆一层硬度和耐磨性高的难熔化金属化合物, 这层涂层一般只有几微米到十几微米, 使硬质合金既有高韧性的基体又具有高耐磨性的表面^[5,6]。涂层的使用使刀具的加工速率和效率以及使用寿命明显提高。常用的涂层材料有 TiC、TiN 和 Al₂O₃ 等。

刀具刃口抛光处理也是一种常用的刃口处理方式, 刃口抛光能够较好地改善切削效果, 本文将通过对这种刃口处理刀具的研究来揭示其对切削效果的影响规律。本文选用不同刃口处理形式的硬质合金涂层和不涂层钻头进行钻削试验, 观察不同刃口处理形式的钻头在不同切削参数下对切削力的影响情况, 本文结论对于指导使用不同刃口处理方式钻头进行高效高精度钻削具有重要意义。

2 试验条件及方案

主要试验装置有加工中心 DMG HSC 75 linear、Kistler9272 型测力仪, 本次试验选用统一槽型的硬质合金钻头, 直径为 8mm, 涂层为 TiCN 涂层。按刃部处理方式的不同, 分为四类进行对比试验, 钻削参数

为:切削速度 40–120m/min,进给量 0.12–0.2mm/r,切深 22mm,使用乳化液外部冷却。被加工材料为 40Cr 材料,调质处理,其硬度为 300HB。试验采用单因素法,分别改变切削速度和进给量进行对比试验。试验方案如表 1 所示。

表 1 试验钻头列表

试验组	编号	刃口处理形式	切削速度 v (m/min)	进给量 f (mm/r)
1	A1	涂层	80, 100, 120	0.12, 0.16, 0.2
	A2	涂层+抛光		
2	A3	未涂层+抛光	40, 60, 80	0.12, 0.16, 0.2
	A4	无处理		

3 试验结果与分析

3.1 进给量对钻削力的影响

无涂层钻头钻削 40Cr 时,钻削力随进给量的变化趋势对比见图 1;涂层钻头钻削 40Cr 时,钻削力随进给量的变化趋势对比见图 2。

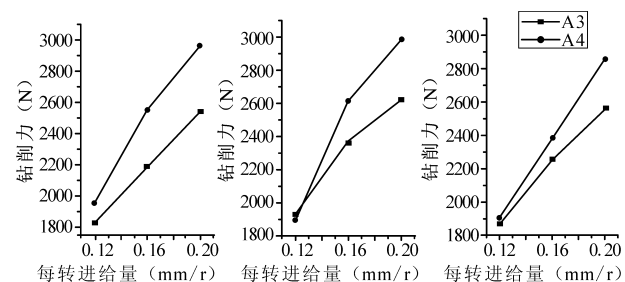


图 1 切削速度分别在 40、60、80m/min 时无涂层钻头钻削力随进给量变化趋势

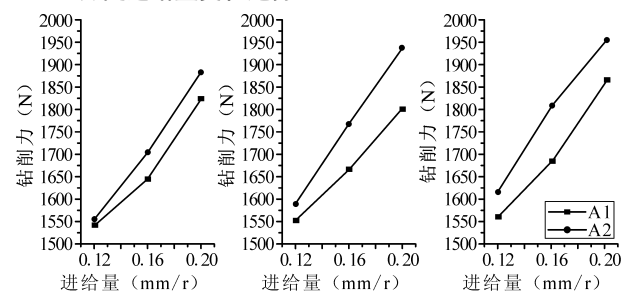


图 2 切削速度分别在 80、100、120m/min 时涂层钻头钻削力随进给量变化趋势

如图 1 和图 2 所示,无涂层与涂层钻头的钻削力随进给量变化的趋势几乎均是线性的,这表明在相同切削速度下,随着进给量的逐渐增大,钻削力也随之增大。该现象可以这样分析:随着进给量的增加,切削功增大,进给力也逐渐增大;此外,由于钻头自身的旋转运动、与工件的相对运动,有一小部分金属未被切下而残留在加工表面,对钻头产生挤压力;另一方面,由于钻头自身的机构特点,随着进给量的增大,排屑困难,与孔壁挤压摩擦。综合以上因素,钻削力呈线性增大。

从图 1 可以看出,A3 表现出了比 A4 更低的钻

削力,这是由于随着进给量的提高,切削过程排屑成为主要矛盾,经过刃口处理(抛光)的钻头获得更低的粗糙度,使得排屑更为顺利,切削过程得到改善,尽管抛光后刃口锋利度受到影响,但是其影响切削权重更小。而且随着进给的提高、切屑的增多,这种趋势更为明显,故此两者切削力的差距也更大。

从图 2 可以看出,在相同切削条件下,所有 A2 (即抛光的钻头)的钻削力都要大于 A1 钻头。TiCN 涂层具有很好的润滑性,能够获得更好的排屑性能。涂层后再抛光使得其锋利度受到一定影响,导致其切削力增大。

此外,从图 1 和图 2 中切削力增长的曲率也可以看出抛光对切削力带来的影响,一般而言,抛光一方面使得刀具表面粗糙度得到改善,有利于排屑,这使得切削力有所降低。另一方面,抛光使得刀具刃口钝化,这又使得切削力有所增加。但是在不同的应用场合下,会产生不一致的影响。在图 1 中给出了无涂层钻头抛光和不抛光的切削力趋势,从图中可以看出,随着进给量(即单位时间内材料去除量)的增加,抛光后的钻头由于表面粗糙度的改善使得排屑性能得到改善,进给量越大其切削力和不抛光钻头的差值越大,两者的切削力增长斜率并不一致。因此在无涂层钻头方面,抛光后表面粗糙度对切削性能起主导作用。

而对于涂层钻头而言,抛光后的钻头切削力更大。本次所使用的涂层为 TiCN 涂层,该涂层在切削过程中会形成润滑性能极佳的过渡层,故此两类钻头排屑性能基本一致。但是由于抛光后的涂层钻头的锋利度受到影响,导致了更大的切削力。这种钻头本身的物理因素(即微观几何结构变化)导致了两者切削力的差异是一种比例关系,从图 2 中可以看出抛光和不抛光的钻头两者切削力增长斜率一致,试验现象反映一致。

3.2 切削速度对钻削力的影响

无涂层钻头和涂层钻头钻削 40Cr 的钻削力和切削速度关系分别如图 3 和图 4 所示。

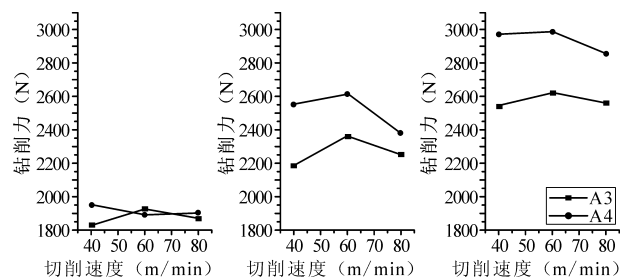


图 3 进给量分别在 0.12、0.16、0.2mm/r 时无涂层钻头钻削力随切削速度变化趋势

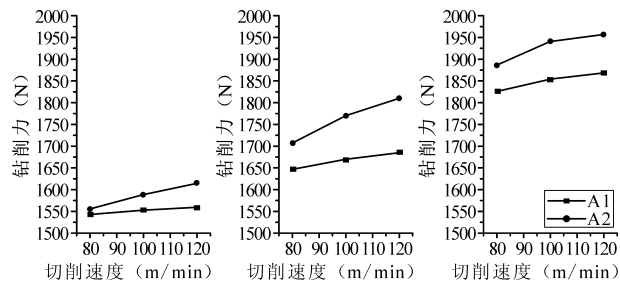


图4 进给量分别在0.12、0.16、0.2mm/r时涂层钻头钻削力随切削速度变化趋势

由图3可以看出,在相同进给量条件下,钻削力随切削速度先增大后减小。对此现象可作如下解释:一方面,由于40Cr是塑性金属材料,在切削过程中容易发生粘刀和产生积屑瘤,因而在积屑瘤形成过程中刀具的前角增大,从而导致切削力先增大后减小;而且,切削温度也会随切削速度的增大而升高,使被加工金属的强度和硬度降低,也会导致切削力降低。

由图4可以看出,涂层钻头钻削力随切削速度的增大而一直增大,这是由于TiCN涂层良好的润滑性使得钻头在切削过程中基本不发生粘刀和积屑瘤现象,使得切削力变化趋势和无涂层钻头不完全一致。但是在不同的进给量下,钻头的钻削力随切削速度增大而增大的趋势较之无涂层钻头更不明显,这为涂层钻头钻削该材料提供了较好的切削参数借鉴,即在许可范围内适当提高切削速度对钻削过程影响不大。

由表1可以看出,无涂层钻头和涂层钻头具有三组共同的切削参数,即在切削速度为80m/min下的三组切削参数,对两类刀具进行对比分析,结果如图5所示。

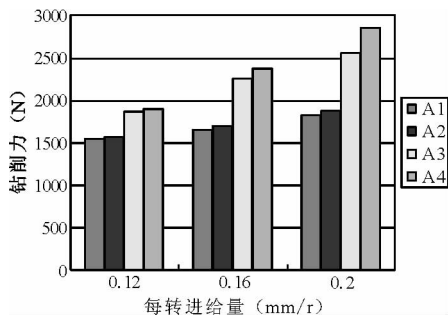


图5 无涂层和涂层钻头钻削力对比

从图5中可以看出,所有涂层钻头都表现了比无涂层钻头更低的切削力,TiCN涂层良好的润滑性有效地降低了切削力。

4 结语

(1)对于无涂层钻头而言,随着进给量提高,排

屑成为主要矛盾,经过抛光处理的钻头具有更低的粗糙度,使得排屑更为顺畅,故而切削力要小于未抛光的钻头。

(2)对于涂层钻头而言,由于TiCN涂层在切削过程中会形成润滑性极佳的过渡层,随着进给量的提高,排屑性能基本保持一致,而抛光后的涂层钻头锋利度受到影响,故而切削力要大于未抛光的钻头。

(3)随着切削速度的增加,无涂层钻头的钻削力先增大后减小,而涂层钻头的钻削力则是一直增大的。这是由于切削过程中无涂层钻头易发生粘刀和积屑瘤,而TiCN涂层则基本不发生粘刀和积屑瘤现象而导致的。

(4)在所有试验中,不同的进给量下钻头的切削力随着切削速度增长变化不明显,这为钻削高硬度材料提供了较好的切削参数借鉴,即在许可范围内适当提高切削速度对钻削过程影响不大。

(5)所有切削参数均一致的情况下,涂层钻头都表现了比无涂层钻头更低的切削力,这是由于TiCN涂层极佳的润滑性所导致的。

参考文献

- [1] Wen-Chou Chen, Xiao-Dong Liu. Study on the various coated twist drills for stainless steels drilling[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 99: 226.
- [2] 张伯霖. 高效切削技术及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 王宝友, 崔丽华. 涂层刀具的涂层材料、涂层方法及发展方向[J]. 机械, 2002, 29(4): 63-65.
- [4] 钟敬文, 马玉平, 孙方宏, 等. 涂层高速钢钻头钻削奥氏体不锈钢的切削性能研究[J]. 机械工程师, 2004(10): 41.
- [5] 张亚樑, 丁志德, 姚蓉芳, 等. 高性能超硬涂层刀具的应用[J]. 机械制造, 2003, 41(8): 37-38.
- [6] 方斌, 黄传真, 许崇海, 等. 新型粉末涂层刀具材料的研制[J]. 机械科学与技术, 2005, 24(12): 1452-1454.
- [7] 张波, 张伟, 赵耀. 钻头刃口处理对钻削加工42CrMo的影响[J]. 工具技术, 2009, 43(2): 36-38.
第一作者: 毛哲西, 上海理工大学, 200093 上海市
First Author: Mao Zhexi, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China