

铁基粉末冶金零件加工用刀具选用研究

张小粉

(咸阳职业技术学院机电(技师)学院, 陕西咸阳 712000)

摘要: 铁基粉末冶金零件在切削加工过程中存在刀具磨损严重的问题, 为了给加工铁基粉末冶金零件选择合适的刀具, 运用传统的方法存在很大的局限性, 费时费力, 实践中妨碍了企业组织高效低成本的生产制造。针对此问题, 本文研究了铁基粉末冶金零件切削性能以及所用车削刀具的具体情况, 运用仿真分析和实验相结合的方法对加工铁基粉末冶金零件所用刀具的性能进行了详细的分析与研究, 根据仿真的数据分析和实验结果为铁基粉末冶金零件选择合适的加工刀具。

关键词: 铁基, 粉末冶金, 刀具磨损, 仿真分析

中图分类号: TG519

文献标识码: A

文章编号: 94047-(2020)01-021-05

0 概述

近些年来, 我国的铁基粉末冶金技术正在突飞猛进的发展, 尤其是在航空材料方面和汽车发动机方面, 也被用于交通、电子、信息、生物以及最热门的新能源行列^[1]。粉末冶金之所以能够被广泛应用, 是因为其本身优良的性能以及极低的材料损耗性, 并且性能稳定, 特别适合大批量的生产^[2]。粉末冶金材料正在逐步取代传统的汽车、机械以及航空方面的锻造和铸造行业, 成为工业发展的主导材料之一^[3]。

铁基粉末冶金机械零件的成型性极高, 出厂前的毛坯只需要少量的机械加工就可达到工件的使用要求, 机加作为粉末冶金零件成型过程中不可缺少的一道工序, 但是往往被研究者所忽视, 所以铁基粉末冶金零件机械加工方面研究比较少, 但是铁基粉末冶金材料成型后微观结构的独特性导致零件在机加工的过程中存在很多问题, 最主要的问题就是加工效率低、刀具磨损过于严重以及加工质量不稳定^[4]。为了解决这一问题, 本文从加工刀具入手, 对机加工刀具的磨损进行研究, 改善加工环境, 提高加工质量和效率。

1 铁基粉末冶金零件加工过程中刀具存在的问题与分析

刀具切削铁基粉末冶金零件一段时间后发生磨损, 经过观察与分析, 出现以下问题:

①切削刃微崩。多孔材料在切削的过程中属于微观断续切削, 在连续的切削过程中, 会导致刀具的切削刃口微观疲劳, 短期对刀具的损伤不大, 但经过长期的连续切削后, 刃口的微观疲劳积累到一定程度就会出现切削刃微崩, 这种微崩一般比较细小, 属于正常的磨损。

②刀具产生裂纹、变形。粉末冶金的多孔性导致在加工的过程中影响散热, 使得刀具的温度快速上升, 从而降低刀具的硬度, 使得刀具严重磨损, 当切削液顺着切削区排出的时候, 会引起刀具产生裂纹或者变形, 这种情况在钻削加工中表现的尤为明显^[5]。

③刃口磨损严重。加工过程中所产生的热量使得粉末冶金多孔材料内部发生氧化或者碳化反应, 化学反应让材料硬度提高, 从而提高材料的耐磨性。多孔性结构的粉末冶金材料在加工的过程中, 粉末冶金材料的硬度微观是不稳定的^[6]。经过测量, 粉末冶金材料的硬度一般在HRC 25~35, 但是测量材料的局部硬度, 有些部分的硬度可

收稿日期: 2019-10-21

作者简介: 张小粉(1977—), 女, 陕西渭南人, 硕士, 讲师, 主要从事机电方面的教学与研究工作。

达到HRC 60, 加工过程中遇到这种情况时刀具刃口严重磨损。

2 刀具的选择理论依据

2.1 刀具材料的选择依据

铁基粉末冶金材料的硬度为27HRC左右, 从硬度理论上不属于难加工材料, 但是铁基粉末冶金材料是压制成型的, 成型的材料是孔隙结构, 空隙的均匀程度无法达到很高的级别, 这给机加过程中带来很大的困难, 刀具在切削的过程中时刻处于不稳定状态, 时刻会出现破损现象; 轻则刀具内部出现裂纹, 重则刀尖直接碎裂, 因此选择加工铁基粉末冶金零件的刀具要做到性能稳定, 不论是刀具的韧性、硬度、耐磨性以及热稳定性都要达到相应的要求。理论上PCBN刀具最适合加工铁基粉末冶金零件, 其次是硬质合金涂层刀具; 但是根据调查发现, 加工铁基粉末冶金零件过程中刀具换刀频率过高, 就算换成性能较优的刀具, 对加工效率并没有很大的提高, 从经济角度考虑, 硬质合金涂层刀具最适合加工铁基粉末冶金零件, 刀具磨损之后可以进行刃磨并重新涂层, 这样就能保证加工效率的要求尽可能减少企业的成本。上述只是理论分析得出的结论, 刀具的选择还需经过数值仿真分析与实验验证才能得出合理有效的结果。

2.2 刀具切削参数的选择依据

刀具切削过程中产生的所有能量几乎全部转化成了热能, 总体热能中, 切屑带走了50%~80%, 其次是刀具和工件吸收了10%~40%和3%~9%的热量, 其他介质传出约3%的热量。用热量去评估切削用量的选择, 能体现其对刀具影响的准确性。刀具的切削用量主要包括切削速度、进给量和背吃刀量。①切削速度 v_c 。提高切削速度能够提高切削效率, 并且能够保证加工质量, 实验可知, 当把切削速度提高一倍时, 切削温度仅仅上升20%~30%。②进给量 f 。进给量的增大对切削温度的影响更小, 一般进给量增大一倍的情况下切削温度会上升10%左右。③背吃刀量 a_p 。经过大量的试验验证, 切削深度对切削温度的影响最小, 切削深度增加一倍的情况下, 切削温度仅仅上升3%。在选择

切削用量的过程中, 对刀具的影响最主要是切削速度, 其次是进给量, 最后是背吃刀量。

2.3 刀具角度的选择依据

本文主要是对车刀结构角度的研究。车刀加工过程中影响较大的几何参数有前角、后角、主偏角、副偏角和刃倾角, 分别对这几个重要的选择原则进行详细的介绍。①前角。车刀在加工铁基粉末冶金零件的过程中应该选择较小的前角, 铁基粉末冶金零件属于硬度、强度都较高, 可塑性差的零件, 所以比较适合选择小的前角。②后角。后角的作用主要是为了减少工件和刀具的摩擦。③主偏角和负偏角。主偏角和负偏角主要是影响加工表面的残余面积, 即影响工件表面的加工精度; 主、副偏角的大小还影响刀尖的强度和刀具的散热性。主、副偏角的选用原则主要是为了保护刀具的耐用度。④刃倾角。刃倾角主要的作用是引导切屑的流向、刀具切入的平稳性和刀尖的强度和散热性等因素。加工高硬度材料时应选择负的刃倾角。因此, 加工铁基粉末冶金零件时, 保证加工质量的情况下尽可能选择负的刃倾角有利于延长刀具的寿命, 减少刀具的破损现象。

3 仿真分析

根据上述分析结果, 选择合理的几类刀具进行仿真实验。实践中选择DEFORM-3D软件进行刀具的加工程序的分析, 用硬质合金刀具、陶瓷刀具、硬质合金带TiN涂层的刀具以及硬质合金带TiAlN涂层的4类刀具加工同一种零件(同步器锥环)。

3.1 仿真分析设计

(1) 不同刀具材料的仿真过程

一般来说, 在工厂批量加工工件的过程中, 最浪费时间的事情就是换刀, 好的刀具可以减少工人师傅的换刀时间, 同时增加加工的工件, 工厂选刀在达到经济效益的条件下, 尽可能选择刀具磨损慢的刀片。基于此观点, 仿真结果中首要分析因素是刀具的磨损累积。选择不同材料的刀具, 加工相同材料相同长度的工件, 仿真过程中设置的参数都相同, 仿真结果如图1~4, 图5是对仿真结果的分析。

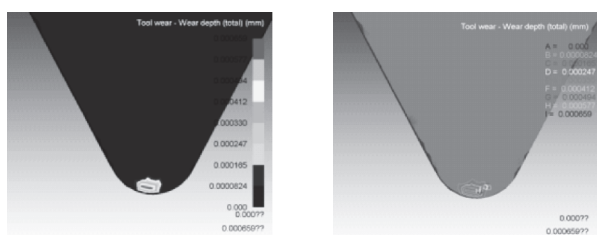


图1 硬质合金带TiN涂层车刀的磨损累积图

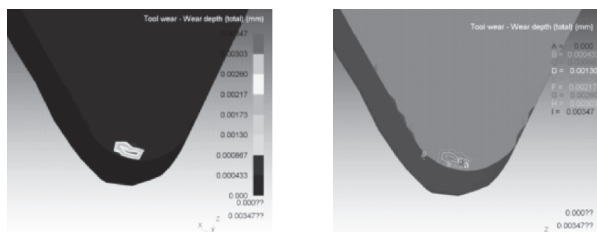


图2 陶瓷材料 (Al₂O₃-TiC) 车刀的磨损累积图

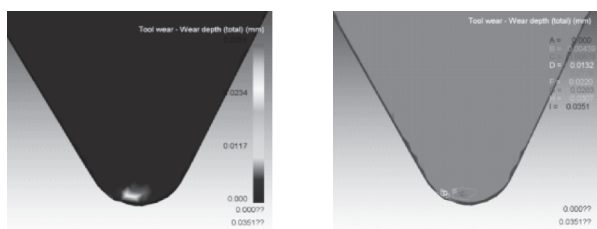


图3 硬质合金不带涂层车刀的磨损累积图

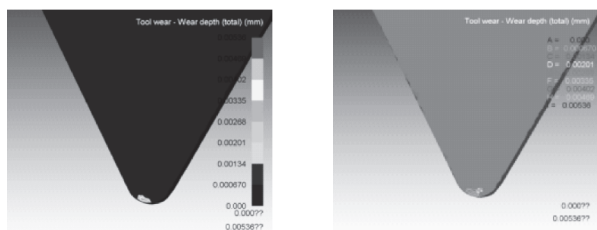


图4 硬质合金带TiAlN涂层车刀的磨损累积图

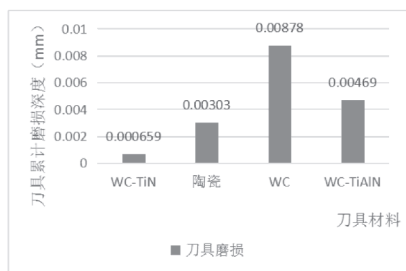


图5 不同材料的刀具加工同步器锥环的磨损变坏情况

图1~4是不同材料的刀具加工同步器锥环的磨损情况，图5为刀具的磨损情况，通过条形图对磨损结果进行分析，从图中可以看出，刀具的磨损情况最严重的硬质合金不带涂层的刀具，硬质合金带涂层的刀具磨损都较小，其中硬质合金带TiN涂层的刀具磨损最小，比陶瓷刀具磨损都小，基于成本和刀具的磨损量综合考虑，硬质合金带TiN涂层的

车刀最适合加工同步器锥环。

(2) 同一种材料下不同切削参数的仿真过程

刀具供应商给的硬质合金刀具参数只能作为试用参数，并不能作为最优加工参数去使用，购买厂商一般提供一个参数范围，切削参数有切削速度、进给量和背吃刀量这三个因素，每个因素设计三组数据，要想测得最优切削参数，就得做27组实验或仿真，工作量比较大。正交试验能把所有因素涉及到，又能快速、高效和全面的达到实验结果。本次仿真以刀具受力、磨损程度以及刀具的温度作为评价指标，研究切削参数对车削性能影响。本次正交试验选择三因素三水平设计，实验中的因素与水平如表1所示，L₉(3³)正交实验表如表2所示。

表1 实验因素数值表

因素	切削速度 (m/min)	进给量 (mm)
A	150	0.3
B	160	0.35
C	170	0.4

表2 切削参数实验方案

因素试验号	切削速度 (m/min)	进给量 (mm)	被吃刀量 (mm)
1	A (150)	A (0.3)	A (0.2)
2	A (150)	B (0.35)	B (0.3)
3	A (150)	C (0.4)	C (0.4)
4	B (160)	A (0.3)	A (0.2)
5	B (160)	B (0.35)	B (0.3)
6	B (160)	C (0.4)	C (0.4)
7	C (170)	A (0.3)	A (0.2)
8	C (170)	B (0.35)	B (0.3)
9	C (170)	C (0.4)	C (0.4)

图6是正交试验中不同切削参数下刀具的磨损情况分析，纵向看所得到的刀具磨损图变化：在进给量和被吃刀量不变的情况下，刀具随着切削速度的增大，刀具的磨损也在变大；横向看所得到的刀具磨损图变化，随着进给量的增大，刀具的磨损也在变大；被吃刀量的增加，刀具的磨损也在变大。图7则对仿真结果进行统计分析，从不同切削参数下刀具累计磨损深度变化情况来看，实验组(a)、(f)和(g)磨损量都较小，但是从整体来看，第(a)组试验磨损量最小，比较适合硬质合金刀具加工铁基粉末冶金零件的切削参数。

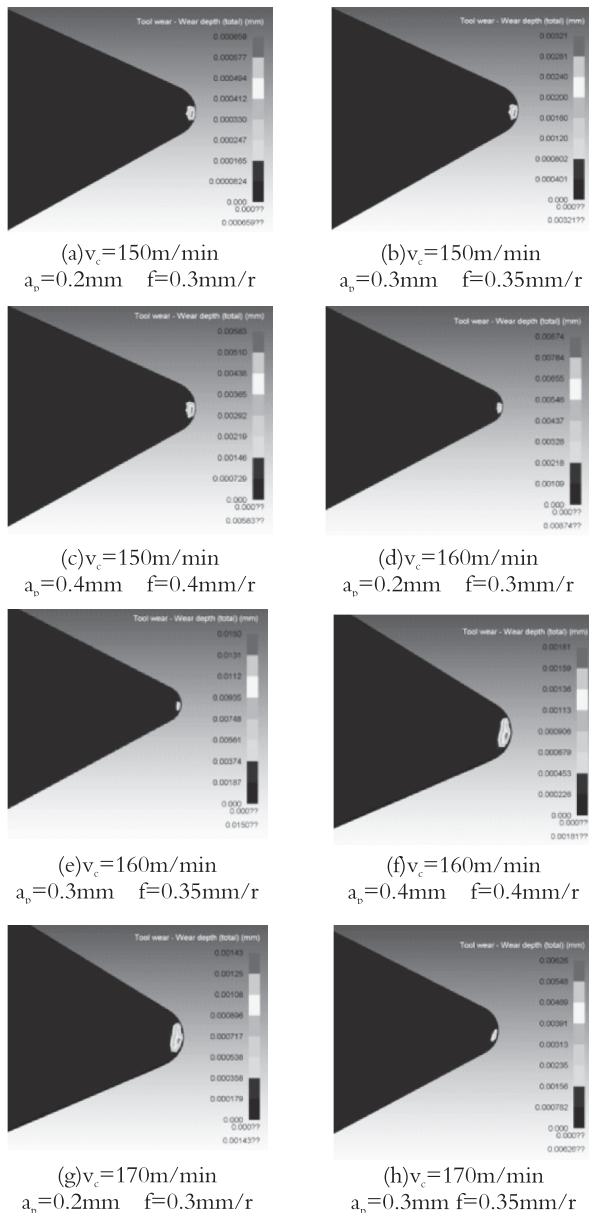


图6 硬质合金带TiN涂层车刀不同切削参数下刀具磨损累积图

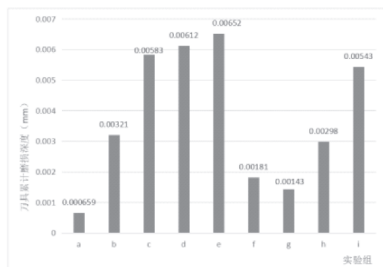


图7 不同切削参数下刀具累积磨损变化折线图

3.2 仿真分析结果

综合上面分析，硬质合金带TiN涂层车刀在加工铁基粉末冶金零件的时候，相对于其他切削参数而言，适合的参数为 $v_c=150\text{m/min}$ ， $a_p=0.2\text{mm}$ ， $f=0.3\text{mm/r}$ ，这样既能保证刀具的寿命长，又能保证工件的加工精度。

4 实验验证

实验部分以刀具的磨损情况为主要参考依据，通过对比刀具磨损的累计深度来验证仿真的真实性和准确性。图8~10进行了刀具磨损实验结果与仿真结果的对比，图8属于刚开始加工，仿真和实验磨损的相差不大，图9中仿真的磨损量达到了0.0012mm，实验磨损量达到了0.00134mm，实验与仿真的相差比开始增大。随着加工进行，刀具处于缓慢磨损状态，磨损量大大减少（图10）。从图11可以看出实验和仿真过程中刀具磨损的趋势基本相似。

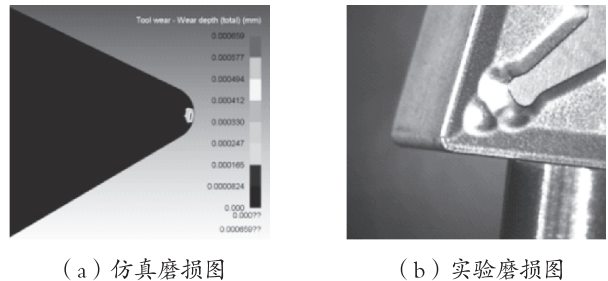


图8 1000步刀具磨损仿真与试验对比图

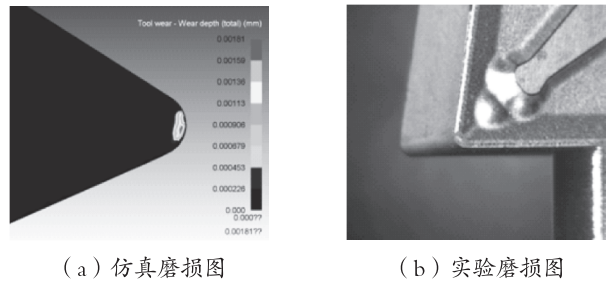


图9 2000步刀具磨损仿真与试验对比图

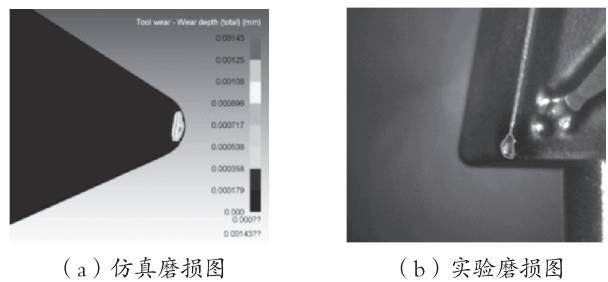


图10 3000步刀具磨损仿真与试验对比图

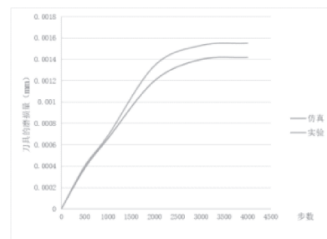


图11 刀具磨损仿真与试验对比趋势图

通过光学膜的测量, 刀具在加工同样尺寸的工件, 并且加工的长度相同, 刀具的磨损深度通过三组实验和仿真对比(表3), 仿真与试验数据相差都保持在10%左右, 试验过程中存在许多不可控制的影响因素, 比如夹具的精度、车间的温度、车床的振动以及刀具安装过程中的精度等诸多因素造成仿真与试验之间的误差, 但是两个数值相差不大, 属于合理范围之内, 说明仿真的结果符合实验情况, 仿真结果可以作为设计加工任务的依据。

表3 刀具仿真与试验磨损量对比

仿真磨损量 (mm)	实验磨损量 (mm)	相差百分比
0.000659	0.000685	3.8%
0.0012	0.00134	10.5%
0.0014	0.00153	8.6%

5 总结

铁基粉末冶金零件车削过程中刀具的磨损情况是不可避免的, 只能通过更换更适合的刀具来减少磨损, 并且在选刀的过程中, 必须要站在成本和效率的角度来考虑问题, 有时候某些问题能够解决, 但是结果并不利于企业的发展, 这样的研究意义并

不是很大。因此, 本论文通过仿真和实验选出的刀具并不一定是最好的刀具, 但是在经济成本和生产效率的角度上来讲, 是种实用高效的刀具选用方法, 是企业资源与生产约束条件下的实用技术。

参考文献

- [1]宗华辉.铁基烧结零件所需原辅材料性能探讨[J].粉末冶金工业,2017,27(05):1-11.
- [2]韩凤麟.2014年全球粉末冶金产业发展概况[J].粉末冶金工业,2014,24(06):1-5.
- [3]孙世杰.近年铁基粉末冶金行业发展浅析[J].粉末冶金工业,2010,20(02):53-59.
- [4]韩立发,夏伟,屈盛官.陶瓷刀具车削铁基粉末冶金复合材料时的磨损机理研究[J].工具技术,2007(04):7-10.
- [5]辛民,王西彬,康运江,杨洪建.铁基粉末冶金材料的高速干切削试验研究[J].工具技术,2006(07):17-20.
- [6]李月英,许兆一,倪慨宇.不同铬含量铁基粉末烧结锻造钢的显微组织与性能[J].机械工程材料,2018,42(11):42-46.

[责任编辑 王军利]

Research on Tool Selection of Iron-based Powder Metallurgical Parts

ZHANG xiao-fen

(Department of Electrical & Mechanical Engineering (Technician),
Xianyang Vocational & Technical College, Shaanxi, 712000 China)

Abstract: It is significant to choose a suitable cutting tools for processing iron-based powder metallurgical parts due to the existing phenomenon of cutting-tool wear. Since traditional methods are time-consuming and laborious, which hinders the organization of efficient and low-cost production and manufacture in enterprises. Aiming at solving this problem, this paper studies the cutting performance of iron-based powder metallurgical parts and the specific conditions of the cutting tools used in the vehicle. The performance of the cutting tools used in the processing of iron-based powder metallurgical parts is analyzed and studied in detail by means of simulation analysis and experiment.

Key words: Iron base, powder metallurgy, cutting-tool wear, simulation analysis