

影响钻头使用寿命的试验分析

姚佳维, 祝新发, 孟漪, 王诗凯

上海工具厂有限公司 上海 200093

摘要: 通过对我厂一款钻头进行不同工况条件下的切削试验对比, 研究分析了影响这款钻头使用寿命的相关因素, 为企业合理选刀、发挥刀具最佳性能提供了依据。

关键词: 麻花钻; 切削试验; 使用寿命; 钻头; 选刀

1 序言

麻花钻是孔加工中应用最广泛的刀具, 但刀具的尺寸偏差允许值较大, 切削性能不稳定。随着智能制造技术的普及, 用户对麻花钻寿命的要求需要一个稳定的最短极限值, 产品寿命的离散性低是用户对产品的基本要求。

麻花钻作为我厂的拳头产品, 用户的反馈信息对完善产品有着指导性的意义。随着智能制造技术的普及, 对钻头离散性的要求也逐步提高, 同时, 用户对麻花钻的寿命要求也越来越高。找出影响钻头寿命的因素, 稳定提高钻头的使用寿命, 是目前我厂势在必行的任务。根据这一情况, 选用我厂一款通用性标准钻头, 分析研究了影响此款钻头寿命的几大因素^[1]。

根据市场常用材料特性, 在不更换刀具材料的情况下, 对本次试验制定了以下4个对比方案: ①相同刀具基体, 做不同表面处理, 分析刀具的寿命差异。②被加工材料相同, 试坯硬度不同, 分析刀具的寿命差异。③相同表面处理方式, 切削不同材料, 分析刀具的寿命差异。④其他细节对刀具的寿命影响。

为避免刀具制造过程中产生的误差对切削试验结果造成影响, 试验过程中对样刀的几何参数一致性作统一要求, 尽量往中间公差靠拢, 所有样刀的热处理及表面处理工艺必须在同一炉进行, 钻头失效方式均为极限磨损^[2]。

2 试验方案

2.1 相同刀具基体做不同表面处理时, 刀具的寿命差异

40Cr材料作为机械制造业比较典型的材料, 是使用范围最广的钢材之一, 其性能代表了大部分合金结构钢。在本方案中, 工件材料调质硬度为200~220HBW (以下称为40Cr软材料), 刀具样品选用蒸汽处理和涂层 (TiN) 处理两种表面处理方式的钻头, 选取规格为 d_3 、 $d_{4.2}$ 、 $d_{6.8}$ 、 $d_{8.5}$ 、 $d_{10.3}$ 和 d_{12} 的6个钻头, 每个规格各挑3支进行切削, 共36支。

切削深度 $3D$, 线速度 $v=25\text{m/min}$, 表面蒸汽处理样刀试验结果见表1; 切削深度 $3D$, 线速度 $v=32\text{m/min}$, 表面涂层 (TiN) 处理样刀试验结果见表2。表面处理方式不同时刀具的平均寿命对比如图1所示。

表1 表面蒸汽处理样刀试验结果 (单位: m)

规格	1#寿命	2#寿命	3#寿命	平均寿命
d_3	2.07	1.78	2.54	2.13
$d_{4.2}$	6.47	5.34	6.10	5.98
$d_{6.8}$	3.12	4.10	2.46	3.23
$d_{8.5}$	3.90	4.73	3.40	4.01
$d_{10.3}$	2.88	4.26	2.76	3.30
d_{12}	2.34	3.06	1.66	2.35

表2 表面涂层 (TiN) 处理样刀试验结果 (单位: m)

规格	1 [#] 寿命	2 [#] 寿命	3 [#] 寿命	平均寿命
d_3	24.21	22.77	37.89	28.29
$d_{4.2}$	32.89	51.35	46.80	43.68
$d_{6.8}$	30.60	33.80	28.40	30.93
$d_{8.5}$	39.25	30.75	27.75	32.58
$d_{10.3}$	25.50	39.3	30.30	31.70
d_{12}	27.72	29.52	30.24	29.16

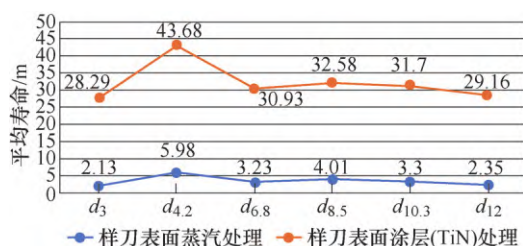


图1 表面处理方式不同的平均寿命对比

由图1可以看出,蒸汽处理的样刀,平均寿命在2~6m,表面涂层 (TiN) 处理的样刀,平均寿命在28~44m。表面涂层 (TiN) 处理的刀具相对蒸汽处理的刀具,平均寿命提升7~13倍不等,在相同基体的情况下,涂层 (TiN) 刀具的寿命远大于蒸汽处理的刀具。涂层刀具由于有涂层的保护,比蒸汽刀具更耐热,转速相较蒸汽刀具约提高25%。试验过程中,由于蒸汽钻不适合较高切削参数,32m/min的线速度会加速钻头磨损,因此从切削效率的角度来考虑,涂层钻的加工效率远大于蒸汽钻^[3]。

2.2 工件材料相同、试坯硬度不同时, 刀具的寿命差异

从近几年工件的情况来看,为了得到更好的机械性能,工件的硬度越来越高,调质硬度普遍在280HBW以上。结合2.1的试验结果,可知涂层刀具更具有研究意义,因此本方案选用涂层刀具,试验钻头规格同上,工件材料40Cr,调质硬度为200~220HBW和280~300HBW(以下简称40Cr硬材料)。切削深度3D,25m/min<线速度v<32m/min时,40Cr硬材料的试验结果见表3,平均寿命对比如图2所示。

图2中,涂层钻切削40Cr软材料的寿命为28~44m,切削40Cr硬材料的寿命为7~18m,材料硬度提高了30%以上,钻头寿命降低了60%以上。在做此方案时,对蒸汽钻加工40Cr硬材料也做了试切,

表3 涂层刀具切削40Cr硬材料试验结果 (单位: m)

规格	1 [#] 寿命	2 [#] 寿命	3 [#] 寿命	平均寿命
d_3	10.74	9.52	7.41	9.22
$d_{4.2}$	21.29	8.07	11.60	13.65
$d_{6.8}$	20.22	9.58	9.47	13.09
$d_{8.5}$	22.47	18.6	11.19	17.42
$d_{10.3}$	8.25	4.62	14.66	9.18
d_{12}	6.47	6.88	9.89	7.74

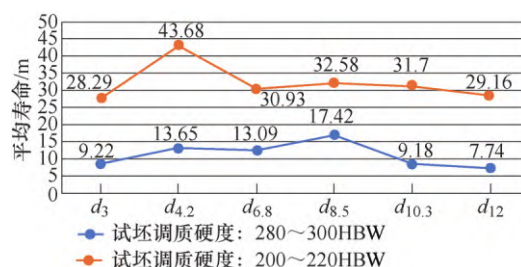


图2 试坯调制硬度不同时刀具的平均寿命对比

寿命都不超过0.5m,说明蒸汽钻只适用在软材料,不适合较高硬度的材料。

2.3 相同表面处理的刀具切削不同材料时的寿命差异

40Cr、42CrMo、65Mn的抗拉强度分别为810MPa、1080MPa和735MPa,3种材料的化学成分对比见表4。40Cr一直以来是各大工具厂切削试验的主要切削对象,但近几年来,应用于机械制造业中的材料品种越来越多^[4]。从表4中可知,40Cr和42CrMo化学成分相近,42CrMo多了钼元素,强化了钢的硬度和耐磨性,是3种材料中抗拉强度最高、承压能力最好的材料,它已经基本替代了40Cr的用途,考虑用此材料作为切削试验的材料,调质硬度为280~300HBW。65Mn作为高强度材料,在一些特定领域应用广泛,其碳元素和锰元素的含量高于40Cr和42CrMo,是一种强度比较高,兼具柔韧性、可塑性和良好高温机械性能的材料,但因其铬元素含量较低,淬透性较差,抗拉强度较低,所以选用热轧硬度为240~270HBW的该材料。调质硬度280~300HBW,切削深度3D,线速度v=25m/min时,涂层钻切削42CrMo材料的试验结果见表5;热轧硬度240~270HBW,切削深度3D,线速度v=25m/min时,涂层钻切削65Mn材料的试验结果见表6。涂层钻切削3种材料的刀具平均寿命对比如图3所示。

图3中,涂层钻切削42CrMo硬材料的寿命为4~

表4 40Cr、42CrMo、65Mn化学成分质量分数对比

(%)

材料	C	S	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo
40Cr	0.37~0.44	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.035	≤0.035	0.80~1.10	≤0.03	≤0.03	—
42CrMo	0.38~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.035	≤0.035	0.90~1.20	≤0.30	≤0.30	0.15~0.25
65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	≤0.035	≤0.035	≤0.25	≤0.25	≤0.2	—

表5 涂层钻切削42CrMo硬材料结果 (单位: m)

规格	1 [#] 寿命	2 [#] 寿命	3 [#] 寿命	平均寿命
d_3	3.52	2.16	6.68	4.12
$d_{4.2}$	15.73	22.40	12.71	16.94
$d_{6.8}$	13.82	11.70	9.98	11.83
$d_{8.5}$	16.86	10.76	11.40	13.01
$d_{10.3}$	6.80	6.14	8.87	7.27
d_{12}	11.84	6.19	10.58	9.53

表6 涂层钻切削65Mn材料结果 (单位: m)

规格	1 [#] 寿命	2 [#] 寿命	3 [#] 寿命	平均寿命
d_3	2.15	2.16	2.68	2.33
$d_{4.2}$	2.90	6.89	3.52	4.44
$d_{6.8}$	4.62	4.28	4.40	4.43
$d_{8.5}$	3.02	2.81	4.08	3.30
$d_{10.3}$	3.72	3.75	3.07	3.51
d_{12}	3.28	3.17	4.40	3.62

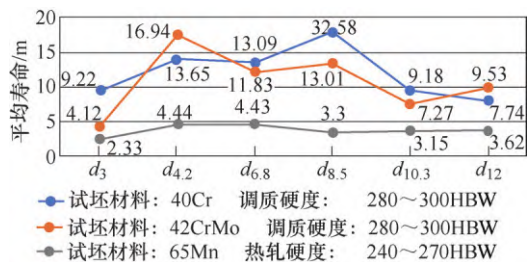


图3 涂层钻切削40Cr、42CrMo和65Mn材料的平均寿命对比
18m, 除去 d_3 规格的寿命较短, 其他直径钻头的寿命与涂层钻切削40Cr硬材料相比良莠不齐。涂层钻切削65Mn材料的寿命为2~5m, 明显比40Cr和42CrMo难加工, 凸显了65Mn材料切削性能差的特点。结合相关试验结果, 为实际应用提供了依据。

2.4 其他细节对刀具寿命的影响

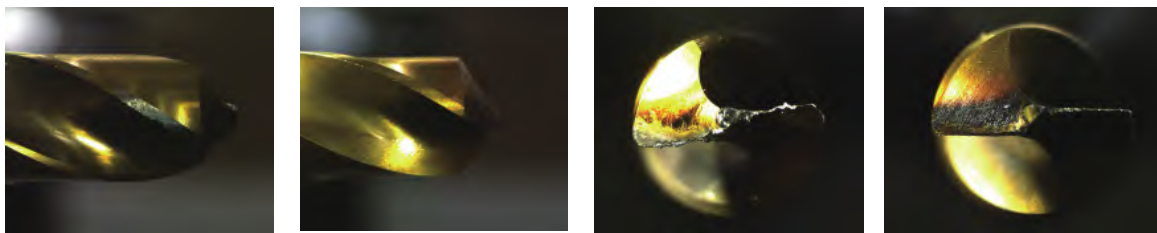
以上3个方案均在刀具几何参数一致性较好的情况下进行, 但在实际生产加工过程中, 由于是大批量生产, 且产品图样中的某些尺寸公差也较大,

故个别产品尺寸会存在靠近极限偏差的现象。从前几个切削结果来看, 即使在尺寸偏差控制较好的情况下, 刀具寿命也会存在一定的离散性。本方案主要是从刀具几何偏差对刀具寿命的影响方向入手, 样刀选用涂层钻, 工件材料选用40Cr, 调质硬度为280~300HBW, 样刀规格为 d_{12} 。由于易产生偏差的尺寸有后角、切削刃对称性和横刃, 因此从这3个方面考虑, 选出一些尺寸偏差较大的刀具进行切削试验。当调质硬度为280~300HBW, 切削深度3D, 线速度 $v=25\text{m/min}$ 时, d_{12} 涂层钻切削试验结果见表7。

表7 d_{12} 涂层钻几何偏差切削试验结果 (单位: m)

几何参数	1 [#] 寿命	2 [#] 寿命	3 [#] 寿命	平均寿命
后角=5°	4.34	0.82	2.99	2.72
后角=10°	11.27	7.56	13.71	10.84
切削刃对称性偏差=0.25mm 偏差=0.25mm	4.57	6.48	2.27	4.44
横刃角偏小	0.64	2.02	2.24	1.63

由表7可知, 当后角=5°时, 由于 d_{12} 涂层钻的进给量偏大, 所以刀具寿命受到严重影响, 当后角很小时, 刀具切削刃与工件间产生挤压, 导致刀具快速磨损。当切削的材料偏硬时, 刀具后角不宜偏大, 当后角=10°时, 与表3中 d_{12} 的数据(后角大约为14°)相比较, 刀具的表现更加优秀。当切削刃对称性偏差达到0.25mm时, 刀具寿命偏低, 且切削刃不对称, 导致两条切削刃受力不均匀。刀具磨损如图4所示, 图4a所示为刀具快速磨损状态, 一侧切削刃上的涂层脱落较快, 造成刀具快速磨损; 图4b所示为刀具另一侧状态, 这里的横刃角较小、横刃长度较长, 加大了切削阻力, 且切削时定心不稳; 图4c所示为刀具急剧磨损状态, 且横刃处最先磨损, 易造成刀具快速失效, 图4d所示为正常磨损状态。



a) 刀具快速磨损状态

b) 刀具另一侧快速磨损状态

c) 刀具急剧磨损状态

d) 正常磨损状态

图4 刀具磨损

3 刀具寿命影响因素总结

通过以上4个方案的试验分析,在不考虑更换刀具材料及考虑机床影响的情况下,刀具寿命的影响因素如下所述。

(1) 表面处理 蒸汽钻切削40Cr软材料,寿命为2~6m,钻头表面经涂层处理后,寿命能提高7~14倍,寿命为28~44m。

(2) 工件材料硬度 当工件材料硬度从200~220HBW提高到280~300HBW时,涂层钻的寿命只有将近原来的40%,蒸汽钻不适用于硬度为280HBW以上的材料。

(3) 被加工材料的特性 涂层钻切削40Cr硬材料和42CrMo硬材料的差异性不大,寿命均为7~18m,涂层钻切削65Mn材料的寿命为2~5m。

(4) 钻头几何参数偏差 切削较硬材料时,后角宜向下公差靠近,切削软材料时,后角宜向上公差靠近,当后角过小时,钻头切削刃与工件间易产生挤压,钻头寿命严重下降。当切削刃对称性超差时,容易造成钻头一侧刃口涂层脱落,使刀具寿命缩短。横刃的尺寸是影响钻头寿命的关键,后角越大横刃角越小。

4 结束语

本次试验,通过分析不同表面处理的刀具切削同种材料,同种刀具切削相同材料、不同硬度的试坯材料,相同表面处理的刀具切削不同材料以及其他细节对刀具的寿命影响,可以得出如下结论。

1) 涂层对提升刀具寿命有重大作用,无论是在软材料切削,还是在硬材料切削方面均效果显著。蒸汽刀具不能进行硬材料切削,涂层磨制钻价格一般较同种蒸汽处理磨制钻价格提高20%~30%,从提升切削性能的角度分析,涂层钻性价比优于蒸汽钻。

2) 在进行不同材料切削时,刀具的切削性能差异较大。为此,在选择刀具时,必须具备针对性,性能差异较大的被加工材料,刀具不可通用,否则性价比较差。

3) 刀具的几何截面形状,例如后角、对称度以及横刃角等几何参数对刀具的切削性能影响很大,在实际应用过程中,必须保证相关参数在合理范围内,方可得到最佳性能。

经过对此款钻头的切削试验进行分析,对影响钻头寿命的几个因素分别给出指导性意见,有助于产品寿命和产品质量的提高。此款钻头在进行系统的切削试验后,为企业选用切削参数以及估算刀具寿命提供了依据,为提高本厂技术服务能力打下了基础。

参考文献:

- [1] 杨晓. 数控钻头选用全图解[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [2] 浦艳敏, 李晓红, 闫兵. 金属切削刀具选用与刃磨[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2016.
- [3] 谢志鲁. 先进涂层技术在孔加工刀具上的应用[J]. 工具技术, 2004 (3): 71-72.
- [4] 鲁世红, 何宁. H13淬硬钢高应变速率动态性能的实验与本构方程研究[J]. 中国机械工程, 2008 (19): 2382-2385.

MW 20240720

欢迎关注微信公众号: 金属加工

