

精密圆周平底盲孔刀具改进

■ 山东北方民爆器材有限公司（淄博 255208） 马兆明 杨 阳

摘要：钻平底盲孔对机械加工来说是比较困难的，尤其是孔底平面度要求高的场合。在实际加工过程中，受切削刃平直与顶角的限制，易造成盲孔底部平面度超差。本文通过设计、数值优化，制造盲孔刀具加工参数，设计出适用的刀具，满足精密平底盲孔的加工要求。

1. 问题提出

如图1所示，管材外圆钻孔要求的盲孔孔径、深度及尺寸精度一般，平面度要求0.08mm，原材料为合金调质钢管32CrMo4（ $\sigma_b \geq 1\ 000\text{MPa}$ ，硬度为260~300HBW）， $L=1.2\sim 5.3\text{m}$ ，每米钻孔数量16~20个，年需求量为50 000m左右（钻孔量80万~100万个）。

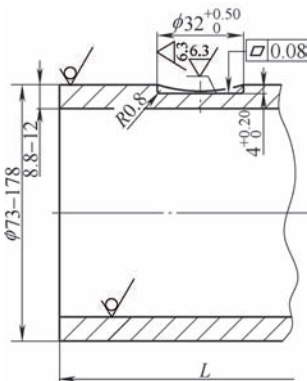


图 1

2. 工艺条件分析

现有数控四工位专用钻机，控制系统为FANUC Oi mate—MD，四台水平放置的伺服钻削动力头可同时定向钻孔，主轴安装刀孔BT50，刚性充足。管材通过滚道传输到钻削腔内，V形对

中钳口夹紧，钻削头动作钻孔。

3. 改进前工艺方案

（1）第一套方案。钻孔刀具使用32麻花钻，在钻机上钻削。购置的标准麻花钻由于尺寸较长，顶角175°在钻盲孔时出现振动、折断、振纹及寿命不高等弊端，为此将麻花钻截去切削部长度的2/3，发现振动减小明显，但钻头使用寿命急剧减短，平均钻孔40个，便需重新刃磨，顶角175°不满足平面度要求。顶角修磨为平角时，钻头定心功能极差，无法钻削，故而放弃。

（2）第二套方案。使用整体硬质合金32直柄键槽铣刀，该铣刀由于切削刃过中心，可以满足心部不出现凸台，钻孔后的平面度0.10mm接近要求，但存在铣削工件时刚接触刀具就出现晃动，原因是横切削刃与管外壁接触面较长且周期变化（管外壁是圆弧），缺少定心，造成钻削时损坏切削刃与刃尖，使用寿命大大降低，故而放弃。

4. 刀具设计分析

设计精密盲孔平底刀具应满

足以下几点要求：

（1）刀具的寿命要高，单支刀具的钻孔量不低于50 000个孔。考虑刀具制造成本与寿命，刀片与刀体分体结构经济性好，刀片磨损后可以转位与更换，简单方便（见图2、图3）。

（2）根据公式计算，双刃刀片在钻削时的轴向力 $F=4\ 770\text{N}$ ，转矩 $T=40.161\text{N}\cdot\text{m}$ ，钻削动力头转速（变频调速） $n=1\ 000\text{r/min}$ ，功率5.5kW，由此可以导

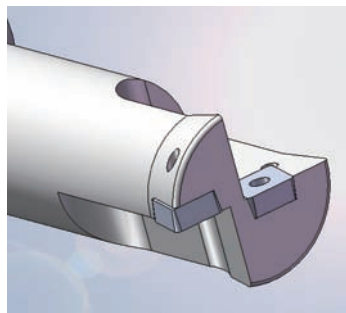


图 2

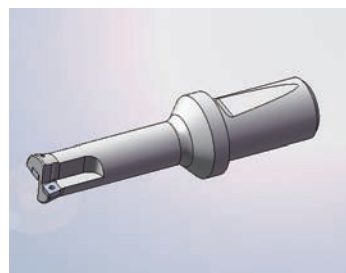


图 3

出

$P = Tn/9\ 550 = 40.161 \times 1\ 000/9\ 550 = 4.2\text{kW} < 5.5\text{kW}$ (满足)

式中, P 为钻削条件下的功率消耗(kW); T 为转矩(N·m); n 表示转速(r/min)。

(3) 刀具的受力分析。刀柄受力分布情况如图4所示, 机夹刀杆钻盲孔主要承受轴向力, 心部切削速度为零, 呈挤压状态, 为此应对心部刃进行强化处理。利用刀尖圆弧过渡处理, 心部切削刃跨越中心0.5mm, 并改善切削条件。

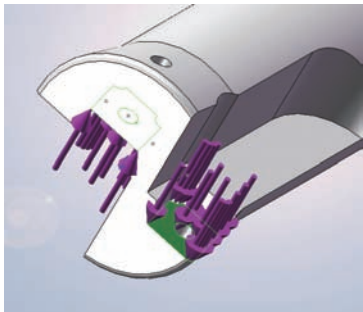
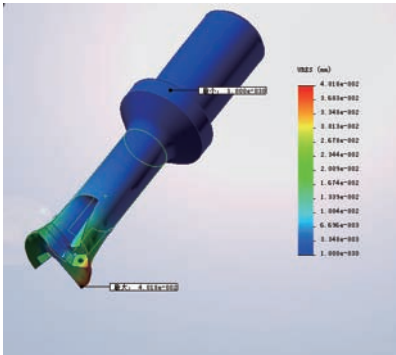


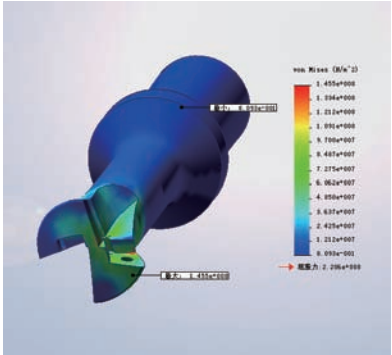
图 4

刀具应力、位移变形分析如图5所示。从表1、表2可以得知: 应力最大值为 $1.454\ 98 \times 10^8\text{MPa}$, 远远小于刀具制作使用的合金调质钢42CrMo的抗拉强度($\sigma_b \geq 1.100 \times 10^9\text{MPa}$)。材料行为为线性, 与Hooke定律相符。诱导位移很小, 载荷可忽略刚性变化。位移最大变形量0.040 2mm对产品 $\phi 32^{+0.50}_0\text{mm}$ 的影响甚微, 可以忽略不计。

(4) 产品的盲孔底部平面度要求。平底锪刃刀具钻削时, 对刀具的受力是有益的, 刀具外缘处的切削刃负责孔壁成形, 心部刀具切削条件较差, 中心圆弧过渡刀片负责清根。心部切削刃高出外缘切削刃0.03mm, 钻圆弧



(a) 应力变形云图



(b) 位移变形云图

图 5

表1 应力变形分析数据

名称	类型	最小/MPa	位置/mm	最大/MPa	位置/mm
应力变形	von Mises 应力	0.809 334	X: 192.318 Y: 5.047 Z: -6.068	$1.454\ 98 \times 10^8$	X: 5.169 Y: -9.099 Z: 12.036

表2 位移变形分析数据

名称	类型	最小/mm	位置/mm	最大/mm	位置/mm
位移变形	合位移	0	X: 124.000 Y: -13.500 Z: -23.383	0.040 2	X: 0.939 Y: -15.708 Z: 2.000

孔壁时起到定心作用(见图6), 一方面因直径小、线速度较低, 对切削刃的冲击较小, 刚与工件接触时面积较小, 不产生振动; 另一方面心部刃切入后, 适时定

心因外部刃切入而产生的偏斜。

(5) 刀片的形状及其选择。经过多次选型试用, 对钻孔数量、孔径、刀具磨损、刀尖半径及表面粗糙度进行验证(见表3、图7)。最终选用住友WDXT094008刀片。

(6) 合理地选择钻削用量。选择钻削用量时, 应合理地组合切削速度和进给量值, 如图8所示, 在一定条件下存在一个不产生破损的安全工作区域, 在安全区域内能保证合金平底盲钻正常工作, 由图8可知, 若选择较低的

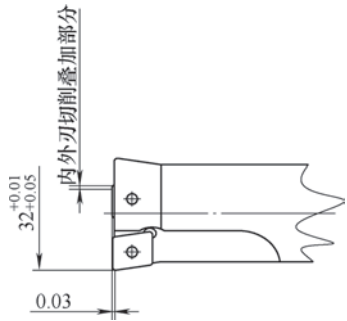
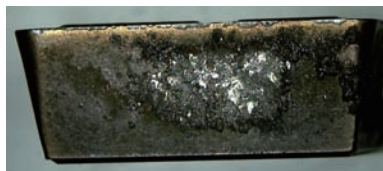


图 6

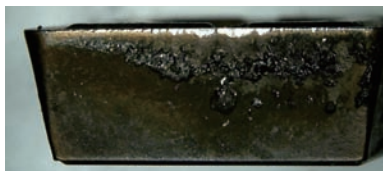
表3 刀具磨损实测数据统计

序号	项目	钻孔数量			变化趋势
		10 000	25 000	55 000	
1	孔径(均值)/mm	32.102	32.08	32.055	孔径基本稳定, 出现大→小
2	刀具磨损/mm	0.12	0.21	0.34	小→大, 初、后期磨损较快
3	刀尖半径/mm	0.75	0.66	0.604	大→小, 切削刃部出现崩口
4	盲孔平面度/mm	0.030	0.035	0.038	非常稳定
5	表面粗糙度值 $R_a/\mu\text{m}$	3.15	4.50	6.12	精→粗, 正常规律

注: 抽样按照GB/T2828进行, 检查水平II, 样本大小字母L/M/N。



(a) 钻孔25 000个，外缘切削刃磨损图



(b) 钻孔55 000个，外缘切削刃磨损图



(c) 钻孔25 000个，心部切削刃磨损图



(d) 钻孔55 000个，心部切削刃磨损图

图 7

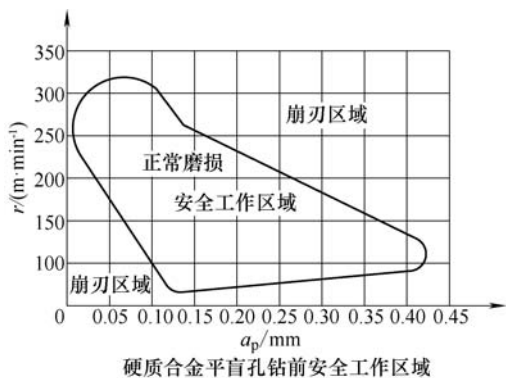


图 8

切削速度和较小的进给量，易产生低速性破损。而选择高的钻孔速度和大的进给量时，会产生高速性破损。最佳的切削用量是：进给量0.15mm/r，钻速800r/min，实际切削速度80.4m/min。

5. 使用效果

(1) 制造的刀具如图9所示。

(2) 平底盲孔工作效果如图10所示。

6. 结语

目前，精密圆周平底盲孔刀具已经在生产线上顺利钻孔220万个，用户对平底盲孔质量非常满意。通过对底部刃的平直化设计，可以获得近似平面的底部形状，一次加工满足高精度平面度的要求。通过探索新型成形刀具



(a)

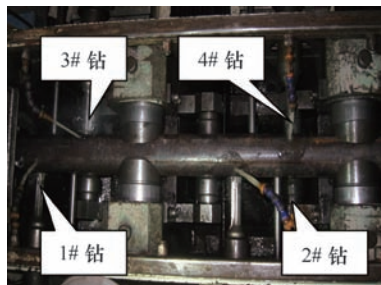


(b)

图 9



(a)



(b)

图 10

的设计、制造及使用等相关参数，提高生产效率和产品质量，降低加工成本等，新技术工装因素显现出独特的优势。

参考文献：

[1] 陆剑中，孙家宁. 金属切削原理与刀具[M]. 北京：机械工业出版社，1990.

MW (收稿日期：20160104)

2016荣格技术创新奖揭晓

2016年4月12日，“第十一届金属加工行业——荣格技术创新奖”评选结果隆重揭晓，同时在上海东锦江希尔顿逸林酒店举行了颁奖典礼暨庆祝晚宴。来自斯来福临、德国Pittler、牧野机床、梅塞尔、福斯、山高、号恩、瓦尔特、赣州澳克泰、海克斯康、卡尔蔡司、通快、北京凯普林、德国Photonic Tools、海德汉及达诺巴特等知名企业的100多位获奖企业高层代表、评委团代表和行业媒体代表齐聚颁奖典礼，共同见证与分享金属加工行业的创新技术和产品成果。

本届创新奖共收到114项创新产品/技术的报名，涵盖了金属切削、金属成形、特种加工、刀夹具、测量、软件、系统、功能部件、冷却润滑、自动化和其他10大领域。在经过由行业协会、科研院校的资深专家组成的评委团的严格评选和网络投票后，53项创新技术脱颖而出，成为最终赢家。(本刊讯)