

不锈钢微小斜孔钻削技术

■ 长治清华机械厂 (山西 046000) 李晓波 王永伟

摘要: 通过对不锈钢材料切削特性的分析, 明确了不锈钢微小斜孔的加工难点, 从钻头材料、钻头的刃磨角度、切削用量及切削液等方面入手, 确定不锈钢微小斜孔的加工工艺, 同时通过加工实例, 介绍了不锈钢微小斜孔的加工方法及操作技巧。

通常把含铬量大于12%或含镍量大于8%的合金钢称为不锈钢。这种钢在大气中或在腐蚀性介质中有一定的耐蚀能力, 并在较高温度下具有较高的强度, 因此被广泛应用于航空、航天、化工及食品等行业。不锈钢属于难加工材料, 主要表现在塑性大、粘附性强、表面硬化严重、切削热大、尺寸精度和表面粗糙度难以保证等。在不锈钢上加工 $\phi 0.5 \sim \phi 3\text{mm}$ 的微小孔尤其困难, 因为不锈钢微小孔钻削是半封闭加工, 排屑困难, 加工硬化现象严重, 切削温度高, 钻头磨损严重, 而在不锈钢斜面上加工小孔更是容易出现钻头折断的现象。

所以在不锈钢上钻削微小斜孔不仅要合理刃磨钻头、正确选择切削用量和适当的切削液, 还需要操作者具备一定的钻削技巧和精准的手感, 才能顺利完成微小斜孔的钻削, 提高加工效率。

1. 不锈钢切削特点

不锈钢分为马氏体不锈钢、铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢以及奥氏体+铁素体不锈钢等品种。不锈钢的切削加工性能比中碳钢差很多, 如果设普通中碳钢45钢的切削加工性为100%的话, 那么马氏体不锈钢的切削加工性为55%; 铁素体不锈钢的切削加工性为48%; 奥氏体不锈钢的切削加工性仅为40%。可以看出,

奥氏体不锈钢和奥氏体+铁素体不锈钢的切削加工性能最差。1Cr18Ni9Ti属奥氏体不锈钢, 是典型的难加工材料, 其切削加工主要有以下特点: ①加工硬化严重。②切削力大。③切削温度高。④刀具易产生粘附磨损。

2. 不锈钢微小斜孔加工难点

根据以上对1Cr18Ni9Ti不锈钢加工特点的分析, 可以看出在其上加工微小斜孔有一定的难度, 同时, 微小斜孔的钻削属于半封闭加工, 在加工过程中, 不锈钢较差的切削加工性表现得更加突出。

不锈钢微小斜孔的加工主要有以下难点: ①切削温度高。

艺装备是保证产品质量、提高生产效率的关键。在编制零件加工工艺、设计夹具时, 必须结合零件的尺寸精度、形位精度、表面粗糙度以及零件的材料、热处理或表面处理等设计要求认真分析研究, 才能设计出合理的工艺方案, 并编制出可靠的工艺规程。定心弹性夹具能在薄壁盲孔类零件内孔的开口端和底端夹紧

零件, 该夹具装夹可靠、定位准确, 制造成本低, 且具有较广的适用范围, 极具推广价值。

参考文献:

- [1] 邓文英, 郭晓鹏. 金属工艺学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 赵友亮. 机械加工误差统计分析与控制系统的设计和实现[J]. 机械制造, 2003, 41 (7): 33-

35.

- [3] 陈心昭, 蔡兰, 王季琨, 等. 机械加工工艺装备手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [4] 任嘉卉. 公差与配合手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [5] 王先逵, 贾云福, 张世昌. 机械制造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

MW (收稿日期: 20160518)

不锈钢在切削时产生的切削热较多，而不锈钢的导热性较差，加上微小孔的钻削是半封闭加工，排屑不畅，热量无法快速散发，这就导致在切削区积聚过多的热量，使切削温度过高。②切削轴向抗力大。不锈钢在切削过程中，塑性变形以及材料与刀具间的摩擦都很大，导致较大的切削力。同时，严重的加工硬化进一步增大了切削抗力。在台钻上钻削时表现为轴向抗力很大，需用较大力气才能使钻头进给。③钻头易磨损。钻削过程中，不锈钢与钻头材料之间易产生亲和作用，造成钻头的粘附磨损，不锈钢中的碳化物微粒硬度很高，切削时直接与钻头接触会擦伤钻头，加上加工硬化，更加剧了钻头的磨损。④钻头易折断。微小孔钻削所使用的钻头直径较小，强度较弱，在较大的进给力作用下，势必会发生弯曲变形，产生振动而折断；同时，微小斜孔在斜面入钻时如果操作不当，钻头极易滑脱而折断。

由于微小斜孔的钻削存在上述难点，所以必须合理选择切削加工工艺，通过从钻头的选择、钻头的刃磨角度、切削用量的选用及切削液的选择等方面入手，来克服不锈钢微小斜孔的加工难点。

3. 钻头的选择

根据不锈钢的切削特点，钻削不锈钢的钻头应该具备较高的耐磨性和红硬性，常用的有硬质合金钻头 and 高速钢钻头。虽然硬质合金钻头比高速钢钻头具有更高的耐磨性和红硬性，但是硬

质合金钻头耐冲击韧性却远不如高速钢钻头，在不锈钢微小斜孔的钻削过程中很容易受振动而折断，而高速钢钻头的耐冲击韧性比硬质合金钻头要好很多，同时，高速钢钻头还具有磨削容易等优点。根据不锈钢微小斜孔的加工特点及从降低加工成本方面考虑，选择高速钢钻头来加工不锈钢微小斜孔。

4. 钻头的刃磨

合理地刃磨钻头切削角度，对于保证顺利钻削和提高钻头寿命有重要作用。用于钻削不锈钢微小斜孔的钻头主要需要刃磨后刀面，来确定钻头的顶角 $2j$ 和后角 α_0 。

(1) 顶角 $2j$ 。用于钻削不锈钢微小孔的钻头的顶角应选取较大值，减小切削刃的有效长度，从而减小切削力，同时也减少切削热的产生。实际操作中，顶角 $2j$ 取值为 140° 左右。

(2) 后角 α_0 。增大后角能减小钻头后刀面与加工表面之间的摩擦，但过大的后角会降低切削刃的强度和散热能力。由于不锈钢微小孔的切削厚度较小，所以后角 α_0 取值在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 。

5. 切削用量的确定

切削用量对不锈钢微小斜孔钻削过程中的加工硬化、切削力及切削热等有很大影响，尤其是对钻头的寿命有较大影响。根据切削理论，在切削三要素中，对切削热和钻头寿命影响最大的是切削速度 v_c ，进给量 f 次之，切削深度 a_p 影响最小。

(1) 切削速度 v_c 。不锈钢微小孔加工时，切削速度稍微提

高一点，切削温度就会高出许多，同时钻头磨损加剧。为了降低切削热的产生，保证钻头的寿命，就要适当降低切削速度，一般钻削不锈钢时切削速度按钻削普通碳钢的40%~60%选取，而不锈钢微小孔钻削的钻头刚性、散热条件和排屑情况都较差，所以钻削不锈钢微小孔的切削速度还要再低一些，取钻削普通碳钢的30%~40%。附表所示为1Cr18Ni9Ti不锈钢微小孔钻削时的钻床主轴转速选择。

1Cr18Ni9Ti不锈钢微小孔切削速度

钻头直径 d/mm	切削速度 $v_c/$ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	主轴转速 $n/$ ($\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$)
0.8	10.0	3 980
1.5	9.0	1 910
2.5	6.6	840

(2) 进给量 f 。不锈钢微小孔钻削进给量不应小于 0.1mm/r ，避免在加工硬化区切削，同时钻头切削刃不可在切削面停留，以免硬化现象加剧。但过大的进给量会增大切削力，同时积屑瘤也会增大。所以不锈钢微小孔钻削进给量 f 取 $0.1 \sim 0.2\text{mm/r}$ 。

(3) 切削深度 a_p 。不锈钢微小孔的切削深度由钻头直径确定，为钻头直径 d 的一半，即 $d/2$ 。

6. 切削液的选择

由于不锈钢的切削性能很差，因此，加工不锈钢用的切削液应具有更好的冷却、润滑性能和抗粘结性。在不锈钢微小孔的钻削中，主要需要切削液具有较高的抗粘结性能。不锈钢常用的切削液有硫化油、极压乳化液、油酸及四氯化碳加矿物油等。在

实际操作中，使用油酸作为切削液取得了较好效果。

7. 不锈钢微小斜孔加工实例

图1所示是某产品液压管路接头的紧固件外套螺母，制造材料为1Cr18Ni9Ti不锈钢。工件上需要加工两个 $\phi 1.5\text{mm}$ 小孔，且小孔中心线与工件表面成一定角度，属于微小斜孔钻削。钻头在开始接触工件时，是单面受力，作用在切削刃上的径向力必然把钻头推向一边，使钻头偏斜滑移，不但难以钻入工件，同时由于钻头直径较小，强度较弱，过大的径向力还会使钻头弯曲而折

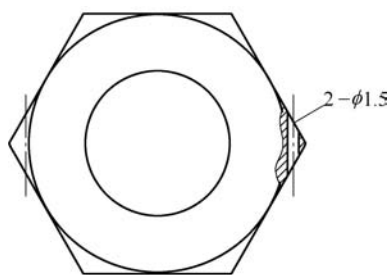


图1 外套螺母

断。所以不锈钢微小斜孔的钻削不但要合理选择加工工艺，还要掌握正确的操作方法和技巧。

(1) 钻削方法。钻削不锈钢微小斜孔采用过渡孔的方法，即先把工件需要钻孔的表面放置在水平位置并定位，在钻孔的位置先钻一个浅孔，如图2所示，然后再把工件调整到正确的位置，钻头顺着浅孔入钻，就能避免歪斜滑移，如图3所示，这样就能顺利完成微小斜孔的钻削。图4所示为钻削完成的不锈钢微小斜孔。

(2) 操作技巧及注意事项。由于不锈钢微小斜孔的钻削存在材料难切削、钻头直径小及斜面钻孔等诸多难点，所以在钻削中要注意力集中，随时观察钻头的切削状况，根据手感来感知钻头的磨损情况。注意事项如下：①钻头装卡伸出长度要适当，伸出不宜过长，以免降低钻头的刚性。②开始钻削时，进给力要小，防止钻头弯曲和滑移。③钻

削过程中保持钻头锋利，进给时要注意手力和感觉，若感觉进给力明显增大，则说明钻头已磨钝，这时应及时修磨钻头。④小孔即将钻透时，进给要轻，防止钻头发生扎刀现象而折断钻头。⑤选用精度较高的钻床。

8. 结语

实践证明，只要选用韧性好、强度高的钻头，选用合理的钻头刃磨角度，选取适当的切削用量，选用合适的切削液，同时使用正确的加工方法及技巧，就能克服加工难点，顺利完成不锈钢微小斜孔的加工，并降低加工成本，提高加工效率。

参考文献：

- [1] 周泽华. 金属切削原理[M]. 2版. 上海：上海科学技术出版社，1984.
- [2] 常宝珍，刘葭. 钳工钻孔问答[M]. 北京：机械工业出版社，2001.



图2 钻浅孔



图3 钻微小斜孔



图4 钻削完成的微小斜孔

MW (收稿日期：20160715)