

# 金属的被削性与刀具材料选择 (中)

东华大学 (上海 200051) 章宗城

## 3. M 类刀具材料

M 类刀具材料是切削产生粒状、锯齿状切屑的不锈钢等材料。

不锈钢等的切屑形态如图 5。它们常呈锯齿状，类似粒状切屑，但底部未断开，常如带状切屑一样在刀具前面滑过，刀具前刀面为降低磨损乃需耐热与较高硬度，故在硬质合金材料中还需加 TiC + TaC，但其百分比比较 P 类为低，另由于切屑呈锯齿状、粒状，故知切削力在变动，因为对刀具材料抗振性、韧性也应有要求，其含韧性高的 WC 量又较 P 类材料为高。只含 WC + Co 的材料，是韧性高、抗振动的 K 类刀具，主要适于加工产生崩碎切屑的铸铁材料。M 类刀具材料是介于 P 与 K 类之间，除适切不锈钢外也适切其他产生类似切屑形态的被加工材料。

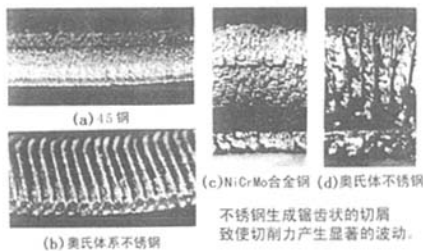


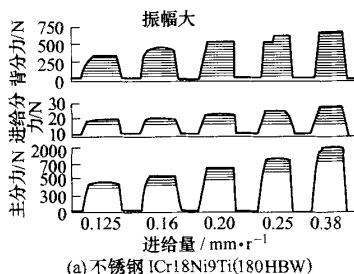
图 5 碳钢、合金钢与不锈钢的切屑形态

图 6 表示不锈钢 1Cr18Ni9Ti 与 NiCrMo 合金钢在车削时切削力变化情况，不锈钢的三向切削力明显看出振幅变动大，特别是背分力，显示在径向产生较大的振动。

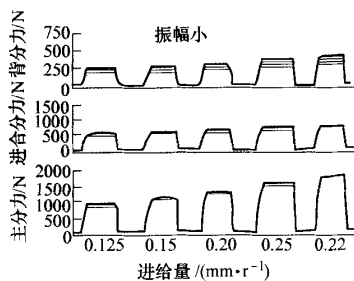
不锈钢切削时，切屑易熔附在刀尖部分与背吃刀量边界上，这表明它与一般刀具材料亲和性大。在后续加工中熔附物会被强行冲击剥落，剥落过程同时造成与之紧密结合在一起的部分刀具材料脱落，造成刀具的缺损与破损。

不锈钢承受切削力后，易形成加工硬化，图 7 为它与 45 钢切削加工后表面硬化状态图，可见不锈钢在近

表层硬化程度远高于 45 钢。图 8 为不锈钢切削时的刀具损伤。



(a) 不锈钢 1Cr18Ni9Ti(180HBW)



(b) 合金钢 NiCrMo(260HBW)

工具: N11R44 TU120T 切削条件:  $v=53\text{m/min}$   
SNGN432  $a_p=2\text{mm}$

图 6 不同切削材料，切削阻力的变化

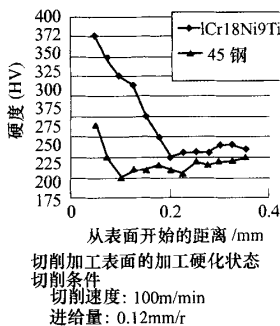


图 7 不锈钢与 45 号钢的加工硬化

不锈钢热传导率小、所以切削温度高、为此形成前刀面磨损、副后刀面边界上产生显著的氧化损伤。还有在边界部会产生因被切削材料表面加工硬化加剧边界磨

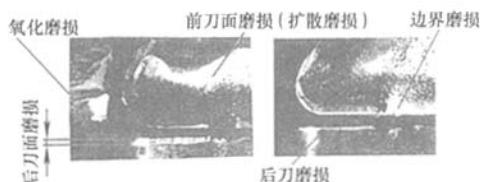


图8 不锈钢切削时的刀具损伤

损。边界磨损既影响刀具寿命，加工时又在工件表面形成毛刺。

切削温度（参考）与切削速度的关系： $v_c = 100\text{m/min}$ ，切削温度  $800 \sim 850^\circ\text{C}$ ； $v_c = 150\text{m/min}$ ，切削温度  $900^\circ\text{C}$  以上。

归纳一下不锈钢难切削的特性与其在切削时所产生现象如图9所示，加工不锈钢应注意如下几点：

- (1) 切削时应极力避开刮擦加工硬化层。
- (2) 切刃前角取大，以减少切削阻力与发热量。
- (3) 刃口修磨尽量小。
- (4) 选择难以使切屑熔附（接）的刀具材料与切削条件。
- (5) 必须选择不易引起振动的刀具与机床，工件刚性应高。

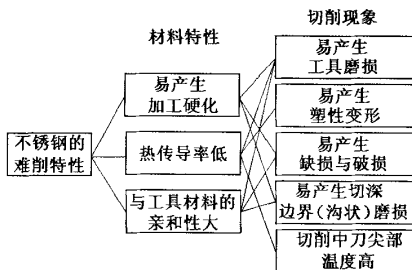


图9 不锈钢的材料特性与切削现象

常用不锈钢有许多种类，各类被削性也不同，最常用不锈钢及其被削性大致说明如下：

(1) 马氏体不锈钢 以 Cr 为主要成分，常见牌号有 1Cr13、2Cr13、3Cr13、1Cr17Ni2、1Cr12Mo、1Cr12WMoV 等，它们可以用热处理改变硬度，不同热处理力学性能变化范围很大，一般热处理过的被削性变差、淬火后硬度可大于 40HRC，用于制作如汽轮机叶片等，可耐湿气、水蒸气等的腐蚀。

(2) 铁素体不锈钢 也是以 Cr 为主要成分，通常是含碳量极低的不锈钢，构成铁素体组织，常见如 00Cr18Mo2 等，用于制造耐蚀的螺栓、螺母、餐具、

化工器具等，热处理后不会硬化，硬度在 179HBW 以下，易粘接熔接，耐海水、硫酸、硝酸腐蚀。

(3) 奥氏体不锈钢 是以 Cr、Ni 为主要成分，Cr、Ni 等元素可显著扩大，一般在高温时才具有的奥氏体组织区域范围，并使它存在于常温条件下，它淬火后不硬化，硬度在 185HBW 以下，由于塑性好，极易产生加工硬化，上面叙述了许多不锈钢难加工的问题，主要就是指在这类不锈钢切削时所产生的。它最基本的成分约为  $w(\text{Cr}) = 18\%$ 、 $w(\text{Ni}) = 8\%$  左右，故常称 18、8 钢用途广泛，其常用牌号有 1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti、0Cr18Ni9、0Cr18Ni13Mo3、0Cr18Ni11Ti 等等，多用在食品工业，化学工业、原子能工业耐蚀、耐热设备上，耐腐蚀性最好。

(4) 易削型不锈钢 上述三类加入一些易削的合金元素构成，被削性可大为改善。M 类硬质合金、金属陶瓷并在其上沉积可提高硬度、导热性、耐热性，减少粘接熔接的涂层，可提高最适加工不锈钢等材料的被削性能。

#### 4.K 类刀具材料

K 类刀具材料适加工产生崩碎切屑的铸铁等材料。

K 类硬质合金的主要成分是  $\text{WC} + \text{Co}$ ，不含硬度较高的  $\text{TiC} + \text{TaC}$ ，韧性较高，铸铁在切削时形成崩碎切屑（如图 4c）切削力变化大。用 P、M 类刀具材料切削铸铁可能会因受冲击载荷而破损。广泛使用的灰铸铁，其组织由铁和片状石墨组成（如图 10a），石墨虽有润滑作用、耐磨，但性脆易剥落，故切屑呈崩碎状。球墨铸铁中的石墨成球状（如图 10b），铸件基体强度大增，切屑可能伸长并有挠性（如图 11）可用作薄壁铸件。它的切削性能特点是：

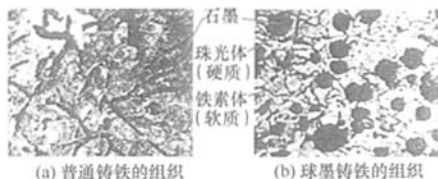


图10 普通铸铁与球墨铸铁组织



图11 球墨铸铁的切屑形状

- (1) 因切屑能伸长，在前刀面上有滑移，切削热

高,前刀面有磨损。磨损处比钢更靠近刀刀。

(2) 因强度较大,切削力较普通灰铸铁大,由于石墨存在,加工时,仍有振动会造成刀具缺损。

(3) 当它含共析体组织珠光体多时较硬,刀具易磨损,当含铁素体组织多时较软,切屑易在前刀面、后刀面上粘接。

(4) 高强度球墨铸铁因强度高,使刀具寿命下降。

普通铸铁的被削性一般较好,但要注意铣加工时要防止边缘崩落(如图12)。什么是边缘崩落?这是指铸铁加工时,切刃切到被削材边缘,角端变弱,承受不住切削力而崩落。为防止崩落,铣刀刀片主偏角选 $45^\circ$ 较好。除K类硬质合金与相关涂层适切铸铁外,高效铣削铸铁常用CBN刀片。

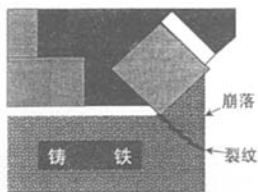


图12 边缘崩落

## 5. N类刀具材料

N类刀具材料适合加工铝、铜等及其合金。

一般讲这类材料比钢与铸铁的被削性好,其加工特点为:

- (1) 切削速度可高达钢的4倍,消耗动力少。
- (2) 可长时间连续切削、刀具磨损小,适用切削条件范围广。
- (3) 加工精度高,易获 $10\mu\text{m}$ 加工精度,用大量切削液时,加工表面质量更高。
- (4) 因切削力小,故对机床刚性要求不高。
- (5) 切屑处理性能差,切屑易伸长缠绕。
- (6) 工件表面会产生加工变质层,表面组织与内部不同。
- (7) 工件因软,易变形,易振动,夹紧处易损伤,夹紧力宜小。
- (8) 切屑易粘接、熔接在刀具上,造成刀具损伤,加工表面产生毛刺。

(9) 刀具若磨损即会影响加工表面质量,产生毛刺,应及时重磨或更换刀片刀角。

因此,加工此类材料要注意使刀刃锋利,前角加大,

刃口倒圆、倒棱量小。N类的刀具材料主要是金刚石、聚晶金刚石(PCD)、金刚石涂层、类金刚石(DLC)涂层,以上材料较贵,一般加工时可用K类硬质合金材料或K类硬质合金上涂的抗粘接、熔接适铝铜加工专用的涂层。

铝硅合金是常用铝合金的一种,一般含硅量为 $8\% \sim 12\%$ ,当含硅量超过 $12\%$ 时称高硅铝合金,是难加工材料,它既轻又耐磨,热膨胀系数小,热变形小,故广泛用于航空、汽车、空调等工业中;因其组织中含有粗大的结晶硅,使刀具易于磨损,含硅量越多,硅结晶颗粒愈大,刀具愈易磨损,故宜用金刚石刀具加工(如图13)。

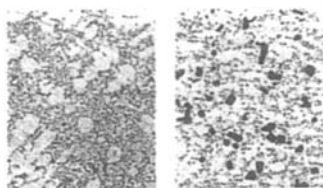


图13 高Si铝和合金的光学显微镜照片

(待续) (收稿日期: 20070620)

(上接第32页)

撑套的限制下原地不动,胀紧套右套整体自动向左移动,由于胀紧套左套、胀紧套右套均为锥形开口环,所以胀紧套右套的锥形开口环有径向向外移动的趋势从而顶紧偏心轴套2的内孔 $\phi B$ 表面,胀紧套左套的锥形开口环有径向向内运动趋势从而顶紧工件3的 $\phi D$ 的外圆表面,工件3便可以可靠地夹紧在偏心轴套2的内孔中,加工完毕后拆卸时,均匀地拧松所有螺钉,将6只螺钉中的3只拧入胀紧套左套法兰的左端面圆周上均布3个螺纹孔中(此螺纹孔为拆卸专用孔),并使螺钉端面冒出孔口3mm,然后顺时针依次拧紧螺钉,螺钉将顶紧胀紧套右套法兰的左端面,使两个锥形环慢慢被顶分开,从而可以顺利地将工件3从偏心轴套2中取出。以图3所示的 $\phi D = 30\text{mm}$ 、 $\phi d = 18\text{mm}$ 、 $e = 4\text{mm}$ 的偏心轴为例,选用KTR250自对中胀紧套规格为 $30\text{mm} \times 41\text{mm}$ ,此规格的胀紧套可以承受的切削力矩达到 $499\text{N}\cdot\text{m}$ 、可以承受的轴向切削抗力达到 $33\text{kN}$ ,因此夹紧安全可靠。实践证明,用此种工装加工出来的偏心轴质量好、生产效率高,拆装工件也简单方便,此法适用于批量较大且对工件的精度要求也较高的偏心轴的车加工的场所。

(收稿日期: 20070619)