

高锰钢的切削加工

■ 中车北京南口机械有限公司 (102202) 郑文虎 张明杰

摘要：在工程机械中，凡承受较大冲击或压力的耐磨零部件，广泛采用高锰钢制造。由于它的性能和切削特点，属于难切削材料之一。但只要合理选择切削条件和掌握应注意的问题，就能顺利完成对它的切削加工。

锰含量为11%~18%的钢称为高锰钢。常用的铸造高锰钢ZMn13的化学成分为：Mn含量为11%~14%，C含量为1%~1.4%，Si含量为0.3%~1%，P含量小于0.03%，S含量小于0.05%。

高锰钢是一种耐磨钢，经过水韧处理的高锰钢可以得到较好的塑性和冲击韧性。所谓水韧处理，就是把钢加热到1000~1100℃，保温一段时间，使钢中的碳化物全部融入到奥氏体中，然后迅速冷却，使碳化物来不及从奥氏体中析出，从而保持单一均匀的奥氏体组织。经过水韧处理的高锰钢，称为高锰奥氏体钢。其力学性能： $\sigma_b=980\text{MPa}$ ， $\sigma_s=392\text{MPa}$ ，硬度210HBW， $\delta=80\%$ ， $a_k=2.94\text{MJ/m}^2$ 。

高锰钢虽然硬度只有210HBW，但它的屈服点 σ_s 较低，只有 σ_b 的40%，因而具有较高的塑性和韧性。

高锰钢分为高碳高锰耐磨钢、中碳高锰无磁钢、低碳高锰不锈钢和高锰耐热钢。牌号及性能如附表所示。

1. 高锰钢的切削加工特点

(1) 加工硬化特别严重。高

锰钢在切削过程中，由于塑性变形大，奥氏体组织转变为细晶粒的马氏体组织，从而产生严重的硬化现象，硬度可从210HBW提高到500HBW以上，比基体的硬度提高2.5倍左右，硬化层深度可达0.1~0.3mm。这不仅使切削力和切削热增大，也加剧了刀具的磨损，给下一次的切削加工带来了困难。它的硬化程度和深度，是切削45钢的好几倍。

(2) 切削力大。据有关文献得知，切削ZGMn13时的单位切削力3 800MPa/mm²比切削45钢的单位切削力2 300MPa/mm²增大60%左右。

(3) 切削温度高。由于切削高锰钢的切削力和切削功率大，产生的热量就多。加之它的热导率又小，仅为45钢热导率的1/4左右，所以切削区的温度很高。当切削速度 $v_c \leq 50\text{m/min}$ 时，高锰钢的切削温度比切削45钢的切削温

度高200~250℃。

(4) 断屑困难。高锰钢的韧性是45钢的8倍，伸长率也很大，造成变形系数和切削力大。在切削加工时，切屑不易折断，给切屑处理带来很大困难。

(5) 加工精度不易保证。由于高锰钢的线膨胀系数大，约为 $20 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$ 。在切削热的作用下，易产生热变形，而影响工件的加工精度。

2. 切削加工高锰钢切削条件的选择

(1) 切削高锰钢的刀具材料。硬质合金。应首先选用添加TaC或NbC的超细晶粒YG类硬质合金和涂层硬质合金，如YS2、YS8、YG813、YG643、YW2等。涂层硬质合金，应首先选用TiAlN和TiAlSi涂层。

陶瓷。主要用于车削和平面铣削，牌号有AG2、AT6、T8、SG4、LT35、LT55等。

几种高锰钢的牌号与性能

牌号	硬度	σ_b /MPa	σ_s /MPa	a_k / (MJ·m ⁻²) ⁻¹	κ / [W·(m·K)] ⁻¹
ZGMn13	210HBW	980	50~80	2.9~4.9	13
70Mn15Cr2Al3WMoV2	48~50HRC	1 470	4.5	0.14	14
1Cr14Mn14Ni	286HBW	910	70	6.86	20
6Mn18Al5Si2Ti	266HBW	850	53	5.19	10

高速钢。应选硬度高、耐磨性好、耐热性好的高性能高速钢，如W2Mo9Cr4VCo8、W6Mo5Cr4V2Al、W12Mo3Cr4VCo8Si、W12Mo3Cr4V3N等。

(2) 切削高锰钢刀具的几何参数。

前角和后角。高速钢刀具， $\gamma_0=5^\circ \sim 10^\circ$ ， $\alpha_0=8^\circ \sim 10^\circ$ ；硬质合金刀具， $\gamma_0=3^\circ \sim -3^\circ$ ， $\alpha_0=8^\circ \sim 12^\circ$ ；陶瓷刀具， $\gamma_0=-5^\circ \sim -8^\circ$ ， $\alpha_0=5^\circ \sim 8^\circ$ 。

主偏角和副偏角。为了改善散热条件和提高刀尖强度， $\kappa_r=30^\circ \sim 45^\circ$ ， $\kappa_r'=8^\circ \sim 15^\circ$ ；陶瓷刀具， $\kappa_r=45^\circ \sim 60^\circ$ ， $\kappa_r'=8^\circ \sim 15^\circ$ ；精加工时， $\kappa_r=60^\circ \sim 90^\circ$ 。

刃倾角。为了增大刀尖强度和刀具工作前角，在粗加工时， $\lambda_s=-5^\circ \sim -10^\circ$ 。在精加工时，为了使切屑流向待加工表面， $\lambda_s=0^\circ \sim 3^\circ$ 。

刀尖圆弧半径。粗加工时， $r_\epsilon=1.2 \sim 1.6\text{mm}$ ；精加工时， $r_\epsilon=0.4 \sim 0.8\text{mm}$ 。

刀具刃口负倒棱。为了提高刀具刃口强度，减小刀具刃口崩损，一般 $b_v=0.2 \sim 0.8\text{mm}$ ， $\gamma_{ot}=5^\circ \sim -15^\circ$ 。

(3) 切削高锰钢的切削用量。由于高锰钢的性能和切削特点，它的切削加工性比较差。为了保证刀具有一定的寿命，切削速度不宜高，只有切削45钢 v_c 的20%~40%。用硬质合金刀具切削时， $v_c=20 \sim 40\text{m/min}$ ；用高速钢刀具切削时， $v_c \approx 6\text{m/min}$ ；用陶瓷刀具切削时， $v_c=50 \sim 72\text{m/min}$ 。由于它的加工硬化特别严重，为了避免在硬化层上切

削，切削深度 a_p 和进给量 f 不应小于硬化层深度，一般 $a_p=0.3 \sim 5\text{mm}$ ， $f>0.15\text{mm/r}$ 。

(4) 切削高锰钢的切削液。

由于高锰钢的热导率低和切削温度高，为了降低切削温度和提高刀具寿命，不管采用什么切削方法切削加工时，都应采用冷却润滑液。

(5) 切削高锰钢应注意的问题。钻削高锰钢时，最好采用硬质合金钻头，如镶硬质合金刀片或焊硬质合金头的钻头，如图1和图2所示（图2中 $2\phi=120^\circ$ ， $2\phi'=130^\circ$ ， $2\phi_1=70^\circ$ ， $\phi=75^\circ$ ， $\tau=30^\circ$ ， $\alpha_R=15^\circ$ ， $\alpha_0=20^\circ$ ， $\gamma_r=-25^\circ$ ， $\gamma_r'=-15^\circ$ ， $h=0.08d_0$ ， $L=0.3d_0$ ， $L_1=L_2$ ， $R=0.4d_0$ ， $b=0.08d_0$ 。其中， d_0 为钻头直径）。也可采用可转位刀片的浅孔钻头。若用高速钢钻头，应磨成三尖七刃的群钻型，以利于改善散热条件和减小切削力。在钻孔时，应采用低速大进给，并不要在切削表面停留，以免加剧切削表面硬化，给下一次钻头钻入带来了困难。如发生此问题，应先降低速度，再快速大进给钻入。不管用何种钻头，都必须使用充足的切削液。

为了保持刀具锋利和减小加工硬化，要严格控制刀具的磨损限度（也称磨钝标准），应为切削一般工件材料的1/2。如发现刀具钝了，应及时更换刀片或修磨刀具，切记不可等刀具磨损严重了再换再磨，这样就会产生许多不良而严重的问题。

在铰孔时，为了防止积屑瘤的产生和破坏已加工面的表面粗糙度质量， v_c 应小于 5m/min ，并

用积压切削油或 MoS_2 油膏。如攻螺纹最好采用螺旋槽丝锥，以利于排屑和减小攻螺纹转矩，并用润滑性能好的切削剂。

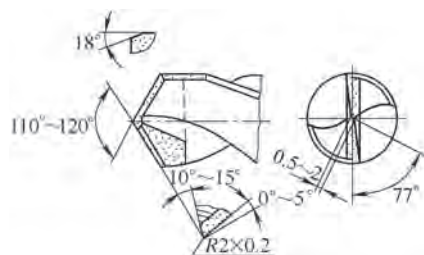


图1 钻削高锰钢的钻头

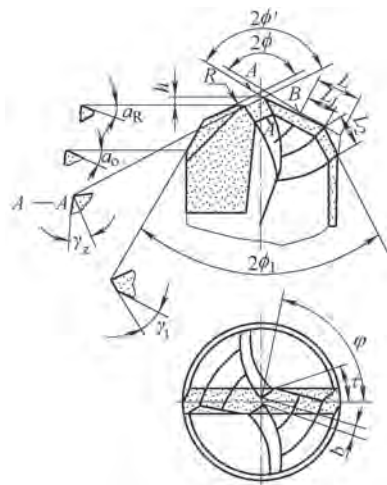


图2 钻削高锰钢的群钻

3. 结语

由于高锰钢的性能和切削特点，它的切削加工性很差，但只要合理选择刀具材料、刀具几何参数、切削用量、切削液和掌握操作技术，就一定能完成对它的切削加工。

参考文献：

- [1] 韩荣第, 于启勋. 难加工材料切削加工[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] 郑文虎. 刀具材料和难切(磨)材料加工技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016.

MW (收稿日期: 20170223)