

钻削高锰钢用钻头失效形式研究

文◎ 王天禹 (哈尔滨哈影电影机械有限公司)

摘要: 采用自顶向下的建模途径。利用 Pro/E 绘图工具, 建立钻头三维实体模型。钻削高锰钢时, 在钻削深度、钻削速度、进给量一定和保证最大钻削力载荷条件下, 以获得钻头钻尖最大强度为目标, 确定钻头合理的几何参数。使用 Ansys 工具分析软件对改进前后的钻头进行应力、应变分析, 通过比较, 得到优化的钻头几何参数。

关键词: 自顶向下; 高锰钢; 强度分析; 优化

一、引言

钻削加工是机械加工中应用最广泛的加工方法之一, 麻花钻是使用最广泛的钻头。本文分析的钻头是其特殊形式: 螺旋角 $\beta = 0^\circ$, 即直槽钻头。在钻削过程中, 钻尖先接触工件, 主切削刃参与切削部分的长度随着钻头的轴线进给而增加。直至主切削刃完全参与切削。钻芯部分受力情况复杂: 前角很大, 楔角相应减小, 降低了钻尖强度; 横刃负前角绝对值很大, 钻削时钻尖主要承受挤压, 其处切屑不易排出, 切屑与前、后刀面摩擦产生的热集中在钻尖处, 进一步降低了钻芯的强度。

二、高锰钢的基本性能

(一) 加工硬化严重

高锰钢在加工过程中由于金属晶相结构发生改变, 从奥氏体组织变为马氏体组织, 从而产生严重的硬化现象。例如, 高锰钢在经过水韧处理后的组织全是单一的奥氏体, 物理机械性能稳定, 硬度为 HRB180~220。当高锰钢受到剧烈冲击和强大压力时, 加工硬化现象就非常明显, 加工后的工件的加工表面硬度高达 HRB450~550。

(二) 导热系数小、切削温度高

高锰钢的导热系数很小, 约为 45 钢的四分之一, 加工高锰钢时, 由于切削力和切削功率大, 产生热量多, 而其热导率又小, 故切削温度高。当切削速度在 50 m/min 以下时, 高锰钢的切削温度比 45 号钢高 200℃ 以上; 当切削速度进一步提高时, 差值减小, 约在 100~200℃ 之间。

(三) 韧性高、延伸率大、断屑困难

ZGMn13 钢的韧性约为 45 钢的 8 倍, 延伸率也较大, 这不但使切削易变形, 切削力增大, 而且切屑强韧、不易断屑, 给切屑处理带来困难。

(四) 线膨胀系数大、加工精度不易保证

ZGMn13 钢的线膨胀系数约为 $20 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 与黄铜差不多。在切削热和切削温度作用下, 工件局部迅速热膨胀而变形, 从而影响加工精度。因此, 精加工宜在工件冷却后进行

(五) 切削力大

由参考的文献和前人所作的试验得知, 车削 ZGMn13 的单位切削力约比加工 45 号钢(正火)增大 60 倍。瑞典 Sandvik 公

司也有相同的试验数据。

综上所述, ZGMn13 钢在切削加工时的主要困难是切削力大, 切削温度高, 刀具磨损快, 耐用度低, 断屑困难。

三 钻头三维模型的建立

(一) 钻头材料

从加工成本、加工精度、生产效率、工件材料等方面考虑, 硬质合金刀具因为含有大量熔点高、硬度高、化学稳定性好、热稳定性好的金属碳化物, 硬度、耐磨性、耐热性都很高, 在 800~10000℃ 高温时还能承担切削等特性, 钻削高锰钢时选择硬质合金刀具。

ISO 将切削用的硬质合金分三类: YG (K) 类、YT (P) 类、YW (M) 类。YW (M) 类即 WC-TiC-TaC 类硬质合金, 因为在 YT 类中加入了 TaC (NbC), 其抗弯强度、疲劳强度、冲击韧性、高温硬度和强度、抗氧化能力、耐磨性等都得到提高, 因此钻削高锰钢时, 选用牌号为 YW2 的硬质合金刀具材料。

(二) 钻头参数

钻头直径 $d_0 = 29.5 \text{mm}$; 螺旋角 $\beta = 0^\circ$, 即直槽麻花钻; 顶角 $2\phi = 118^\circ$; 刃倾角 $\lambda_s = 8 \sim 5^\circ$; 主偏角 $\kappa_r = 40 \sim 60^\circ$; 前角 $\gamma_0 = 5 \sim 50^\circ$; 后角 $\alpha_0 = 5 \sim 10^\circ$; 主切削刃倒棱, 倒棱前角 $\gamma_{01} = 8 \sim 40^\circ$; 宽度 $b_{r01} = 1.2 \text{mm}$ 。

(三) 钻头三维实体模型的建立

由于钻头为焊接结构, 假设无焊接应力, 刀体部分强度大, 不易破坏; 以主切削刃和横刃的应力分析为主。钻头后角根据锥面刃磨法形成的后角确定, 在使用 Pro/E 建立三维模型时, 将刀片和刀体视为一体。建立实体模型如图 1 所示:



图 1 钻头实体模型

四、应力分析

钻削高锰钢时, 用 Ansys 分析钻头的强度, 惯性和阻尼在切削力的分析中作用微小, 可以忽略, 用静力学分析代替瞬态分析。分析步骤:

(一) 定义模型为线弹性实体, 弹性模量 $E = 6 \times 10^4$, 泊松比 $\nu = 0.22$ 。

(二) 网格划分, 主切削刃是前刀面和后刀面的交线, 横刃是两个后刀面的交线, 在单元格划分时, 前、后刀面单元格长度等于钻头的进给量 $f = 0.2 \text{mm}$ 。这样, 分析得到的结果更接近实际值。

(三) 在模型的 x 和 y 方向, 按比例施加载荷到切削刃和横刃上, 比例如表 1:

表 1 轴向力与扭矩的比例

钻削力和扭矩	主切削刃	横刃	棱边
轴心力 F (%)	≈40	≈57	≈3
扭矩 M (%)	≈80	≈8	≈12

(四) 求解。结果如图 2, 从云图中可

以看出, 在钻尖和外缘处应力很集中, 破坏的可能性最大。用该钻头钻削高锰钢道岔, 钻头转速 $n = 500 \text{r/min}$, $f = 0.2 \text{mm}$, $a_p = 14 \text{mm}$; 钻头破坏形式如图 3; 平均加工到第二个高锰钢道岔后, 在主切削刃的外缘和钻芯处, 出现月牙形凹槽; 随着加工的继续进行, 破坏形式更加严重; 平均在加工第十五个工件时, 钻尖断裂。实验结果与分析结果很接近。

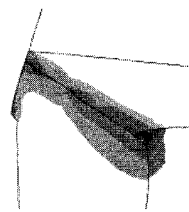


图 2 应力云图

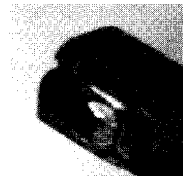


图 3 钻头破坏形式

五、钻头几何参数的改进

为提高钻头钻尖处强度, 顶角确定 $2\phi = 140^\circ$; 前角 $\alpha = 8 \sim 15^\circ$; 为增加钻尖强度, 后角主要根据进给量、工件材料、和加工条件等进行选择; 加工高锰钢时, 后角取值为 $5 \sim 10^\circ$; 相应地, 主偏角为 $40 \sim 60^\circ$; 刃倾角为 $20 \sim 55^\circ$; 为增加主切削刃的

强度, 切削刃倒棱, 其前角 $\gamma_{01} = 1 \sim 5^\circ$, 倒棱宽度为 $b_{r01} = 0.8 \text{mm}$ (注意: 此处负倒棱比较特殊, 取横刃与主切削刃的交点沿横刃指向钻头轴线方向 $1/6$ 处的点, 将其与横刃外缘点相连, 此连线即为倒棱后的主切削刃。); 修磨棱边, 修磨半径为 $r = 1 \text{mm}$ 。分析结果如图 4, 主切削刃和横刃处的应力分散, 钻头整体强度得到提高。

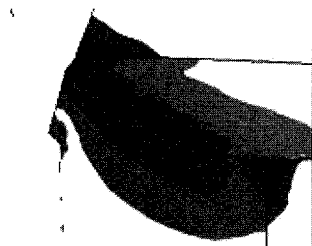


图 4 改进后应力

六、结论

(一) 钻削高锰钢时, 刀具的破损主要是由于钻头钻尖部分的强度不足, 而引起刀具失效。

(二) 应用 Ansys 分析软件, 减少了实验环节, 极大地降低了刀具的设计成本。

(三) 横刃处排屑问题虽然可以通过修磨横刃前角得到解决, 但降低了钻尖的强度。合理前角的取值还应进一步研究。

参考文献:

[1] 袁哲俊. 金属切削刀具. 上海: 上海科学技术出版社, 1984

[2] 谢大纲, 赵清亮. 麻花钻刚度的有限元分析. 中国机械工程, 2001 (12): 154~157