新型立铣刀磨刀机

山东征宙机械有限公司 （平原 253100） 刘明林 何学玲

1. 前言

在机械加工中，所使用的刀具种类很多，例如：常用的刀具有车刀、钻头、锯片铣刀、立铣刀和丝锥……等等。刀具在使用过程中刀刃会变钝，变钝后的刀具如不及时刃磨，不但会影响工件的精度及表面粗糙度，而且容易崩刃，致使刀具报废。刀具的刃磨一般分为手工刃磨和磨刀机刃磨，其中手工刃磨需要掌握严格的技术要领，不但效率低，而且精度差，况且有些刀具（如立铣刀）根本无法手工刃磨，随着数控加工设备的普及，手工刃磨的刀具越来越不适应现代化的加工方式，所以磨刀机越来越受欢迎。像钻头磨刀机、锯片铣刀磨刀机、雕刻刀磨刀机等得到了迅速推广。

在机械加工中，立铣刀作为常用刀具之一，它的刃磨非常困难，一直是困扰刃磨行业的一大难题，究其原因主要有以下两点：

（1）形状复杂（如图 1 所示） 立铣刀具有主、副两种刀刃，即端刃和螺旋刃。其中端刃属直线形刀刃，磨削不成问题，而它的螺旋刃是沿圆周分布的螺旋刃带，根本无法手工磨削，而且立铣刀的类型不同，其螺旋角 ω 也不同，以国标 GB 1110—1985 直柄立铣刀为例，细齿立铣刀 $\omega = 30° \sim 35°$，粗齿立铣刀 $\omega = 40° \sim 45°$，大螺旋角立铣刀 $\omega = 70°$。



图 1

这就说明，不同类型的立铣刀，其螺旋刃在立铣刀圆周面上的分布趋势也不同，这就更增加了其刃磨难度。

（2）精度要求较高 按国标 GB 6118—1985《立铣刀技术条件》规定，立铣刀的端刃、螺旋刃相对柄部的圆跳动分别如附表。

从附表中立铣刀精度看，要想磨出标准的立铣刀，要求磨刀机本身必须具有较高的精度（主轴圆跳动 < 0.025mm）。

刀刃相对柄部圆跳动 （单位：mm）

直径	螺旋刃	端刃
2 ~ 6	0.025	0.03
7 ~ 18	0.032	0.03
20 ~ 28	0.04	0.04
30 ~ 80	0.05	0.04

目前关于立铣刀比较成熟的磨削方法为数控磨刀机磨削，磨削精度高（径向圆跳动一般不大于 0.01mm），而且装夹后由数控磨刀机一次性自动磨削完毕，效率非常高，具有世界领先水平，但也存在价格昂贵和不易操作。

目前国内外市场上出现了一种采用空气轴承结构的新式磨刀机，如 HDT 磨刀机（如图 2）。它价格较低（10 000 元左右），便于操作，用于立铣刀的刃磨，完全能够达到 GB 6118—1985《立铣刀技术条件》精度要求。

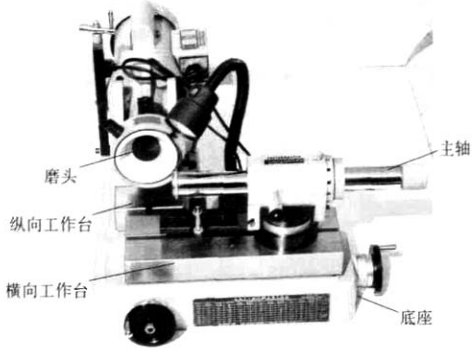


图 2

2. 结构特点

HDT 磨刀机主要由底座、纵横向工作台、主轴、夹持部分、磨头等几部分组成。

(1) 底座 它是整个磨刀机的基础，为减小磨刀机重量，底座选用了比重较轻的铝合金材质，磨刀机总重量仅为 70kg。

(2) 纵、横向工作台 立铣刀刃磨，离不开纵向、横向进给运动，HDT 磨刀机具有纵向工作台（行程 75mm）、横向工作台（行程 150mm）。在结构上采取燕尾导向、螺纹丝杠进给，通过转动进给手轮来实现纵、横工作台的移动。手轮标有刻度线，圆周等分 100 格，米制磨刀机采用 M20×2 精密螺纹，所以，手轮每转动一格进给量为：

$$\frac{\text{螺纹丝杠螺距}}{\text{进给手轮刻度格数}}=\frac{2\text{mm}}{100}=0.02\text{mm}$$

英寸制磨刀机采用 3/4 ~ 10in 精密螺纹，手轮每转动一格的进给量为：

$$\frac{\text{螺纹丝杠螺距}}{\text{进给手轮刻度格数}}=\frac{0.1\text{in}}{100}=0.001\text{in}$$

操作起来非常方便。

为消除螺纹丝杠间的间隙，减少进给手轮在正、反转时的空行程，采取了开口螺母结构（如图 3）。通过调整内六角头螺钉的松紧来减小丝杠与开口螺母之间的间隙，从而消除进给手轮的空行程。

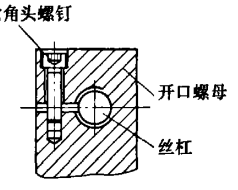


图 3

(3) 主轴 主轴是磨刀机的关键部件之一，它的精度直接影响到磨削刀具的精度。立铣刀的刃磨既需要主轴作圆周运动，同时还要作轴向运动。普通的轴套结构存在以下矛盾：轴与轴套的间隔较小，轴在轴套中运动时的阻力较大，运动时会产生蠕动和爬行，严重影响刀具的表面粗糙度；轴与轴套的间隙较大，虽然运动阻力减小，但又保不住所需的精度。HDT 磨刀机主轴采取了空气静压轴承技术（如图 4）。

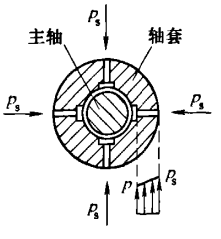


图 4

主轴和轴套采取小间隙配合，在轴套外部均匀地留有数个通气口与轴套内孔壁的导气槽相通，每个通气管道相当于一个节流阀，通常主轴在轴套中居中，当气体以恒压 p_s 进入时，由于节流作用气体压力会降为 p，主轴周围气压相等，圆周会受到相等的压力。

假如主轴中心相对于轴套中心向下偏离 Δh，轴与轴套的间隙不均匀（如图 5）。产生所谓的“贴边”现象，这时各个节流进气孔的泄流量不一样大，显然上部进气孔的气体流量 q_2 大于下部进气孔的气体流量 q_1。根据节流原理：流量大的气体经节流后压力降得多，而流量小的气体经节流后压力降得少。这时虽然轴套外部的气压 p_s 一样，但是主轴圆周所受到的压力并不均匀（如图 6），这种不平衡力恰恰能使主轴往消除“贴边”现象的方向移动，主轴能自动定心，具有较高的精度。同时由于轴和轴套之间充满压缩气体，使轴在轴套中处于悬浮状态，其运动阻力非常小。通过实验得出气体压力 p_s 与主轴转矩 T 呈如图 7 曲线关系。

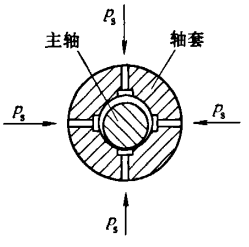


图 5

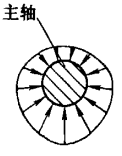


图 6

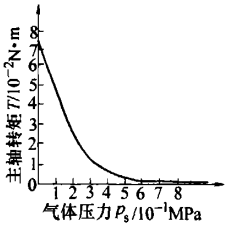


图 7

从曲线图可以看出，当气体压力≥0.6MPa 时主轴旋转平稳，轴向运动流畅，阻力非常小。经 0.6 ~ 1.2MPa 压力下测试主轴径向圆跳动小于 0.015 mm（距轴套端面 60mm 处），效果非常理想。

(4) 夹持部分 HDT 磨刀机采用了国际上通用的 5C 夹头（如图 8），其主要优点：

①使用范围广 5C 夹头已被广泛应用到很多领域，而且国际上标准统一，相互通用。

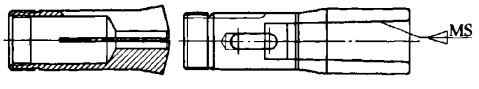


图 8

②夹持范围大 圆孔 5C 夹头最大能夹持到 ϕ28mm，莫氏锥孔 5C 夹头能夹持 MS1 ~ MS4 锥柄刀具，非常适合立铣刀的夹持。

③精度高　5C夹头一般的精度在0.01mm左右，而精密级5C夹头精度可达0.005mm。

④操作简便　5C夹头为后拉式夹头，使用时，放入刀具后，旋紧后拉杆便可夹紧刀具，操作省时省力，非常简便。

(5) 磨头部分　任何刀具都需要后角。一般在加工较硬的材料时，可选择较小的刀具后角；在加工较软的材料时，可选择较大的刀具后角。后角的大小要由磨刀机磨出。像传统的工具磨床，其磨头不可调，砂轮位置固定（如图9），刀具后角的大小靠调节顶尖的高低来得到，其后角：

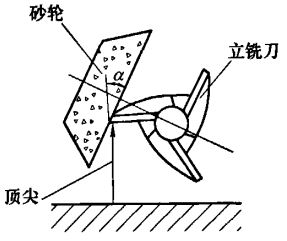


图 9

$$\alpha = \arcsin(H - h)/R = \arcsin\Delta H/R$$

式中　H——刀具中心的高度

h——导槽顶尖的高度

R——刀具半径

从上式看出，刀具后角与ΔH和立铣刀的半径有关。例如要磨削12°的刀具后角，其中刀具直径为30mm，那么：

$$\Delta H = R\sin\alpha = 15\sin12°\text{mm} = 3.188\text{mm}$$

调节顶尖到3.188mm位置，才能磨出12°刀具后角。操作起来非常麻烦。与一般的工具磨床不同，HDT磨刀机的磨头为可调式（如图10），顶尖高度与主轴中心等高。HDT磨刀机设有后角调节手柄和刻度线，使用时，通过转动手柄来改变砂轮的位置，从而方便地设定刀具后角，操作非常简便。

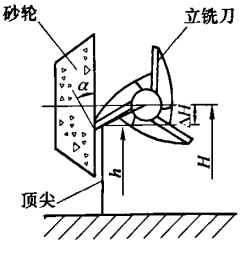


图 10

3. 磨削原理

首先给磨刀机充入不少于0.6MPa的压缩气体，这时主轴的阻力非常小，以保证主轴精度和主轴运动平稳。安装合适的5C夹头把所要磨削的立铣刀夹紧，调整顶尖的位置，让顶尖顶在立铣刀端部的螺旋槽内，然后固定好顶尖，因顶尖与刀具中心等高，所以这时的端刃呈水平状态（如图11）。沿轴向轻轻推动主轴，注意要让顶尖与立铣刀始终接触，这时顶尖在立铣刀的螺旋槽内起导向作用，主轴连同立铣刀就会作螺旋运动，这正是磨削螺旋刃所需的运动轨迹。按立铣刀后角大小调整好砂轮倾斜程度，开始磨削，这样就可以磨出带有后角的螺旋刃带。磨完一条螺旋刃带后，不要移动磨头，再把另一刀刃搭在顶尖上，同样靠顶尖导向，依次磨完所有螺旋刃。另外磨削端刃时，可调整主轴座，使立铣刀端刃面向砂轮，通过工作台的直线运动来完成。

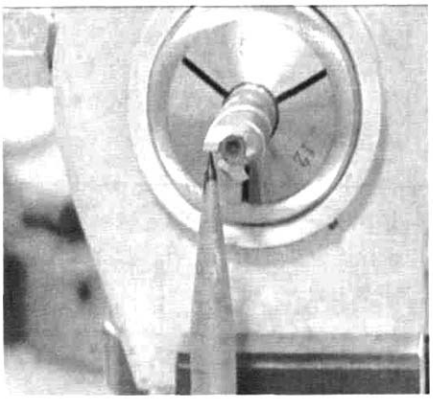


图 11

（收稿日期：20071005）

信息

下期预告——精彩不容错过

2008年中国机床工具行业市场形势和对策研讨会于2007年12月9日在重庆闭幕，在为期3天的会议中，来自机床工具及附件企业的代表们和行业专家一起就2008年中国机床工具行业的市场形势、进出口政策及应对策略进行了探讨：2008年从紧的货币政策对中国机床工具行业有何影响？国内机床企业的国际化经营路在何方？国家进出口政策的变化将如何牵动机床工具行业的神经……，《机械工人》（冷加工）将于2008年第2期和以后刊期中进行详细报道，为你呈现专家视点、企业经验，精彩不容错过，敬请关注！