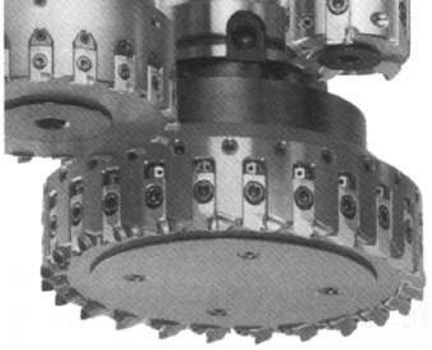

平面加工用面铣刀结构的创新和进展

尚亚国际贸易公司 （上海 201103） 章宗城

面铣刀作为平面切削加工主要常用刀具，近年来也获得很大的创新和进展。平面加工用面铣刀按用途分为通用型和专用型。通用型能粗、半精加工多种材料，专用型则是专用于加工某一零件类的刀具，有专用加工某一类型材料如铸铁、铝合金，有专用于某一切削条件范围，如专用于高速切削的等。按刀片夹紧方法分类则通常有螺钉夹紧式和楔块夹紧式。

各种类别的面铣刀都有许多新的创新结构出现。为实现通用加工的目的，应该具备：①能快速方便地更换使用同一形状尺寸不同材料（包括涂层）的刀片。②刀片前刀面夹持部分以外，应有足够的空间和表面能作出装上各种断屑槽（器），以满足各种切削条件的加工要求。通常能较易满足以上要求的是螺钉式的安装方法。用单个螺钉穿过刀片中孔的夹紧方法很方便，但夹紧力有限，特别在较严酷的切削条件下，为此必须要有相应的结构改进设计。螺钉夹紧简单，但缺点是难以调整刀片振摆，因此精加工能力不足。另一种夹紧方式是楔块式夹紧。它夹紧力大，但通常结构较螺钉夹紧式复杂，零件数多，一般可调整各刀片的伸出高度，加工精度较高。为简化结构，方便操作，适应高速切削要求等。

各刀具公司都在努力开发自己的新结构、新产品。笔者通过考查日本三菱公司和德国MAPAL公司的情况，做以下介绍。

钢的平面铣削

在钢的平面铣削方面，进一步发展通用型的螺钉安装式基本系列ASX445型面铣刀。具体是着重在刀片材料上，断屑槽上得到更多开发（包含刀片切削部分的几何形状和角度）。螺钉安装的优点是结构简单。刀片前刀面有空间可做出各种各样的断屑槽，因此有可能配合不同刀片材料满足多种材料工件的加工要求。目前已有五种类型断屑槽，分别可适应精加工（$a_p \leqslant 0.5$mm）到轻切削（a_p=0.5～1.5mm）；轻加工（a_p=1.5～4mm）到准重切削（a_p=4～7mm）；中切削（a_p=1.5～4mm）到重切削（a_p=7～10mm）；断续面黑皮多的表面切削；铝合金加工和铝材大进给加工；铸铁带黑皮件的粗加工等。可选用刀片材料的品种也很多，能满足六大类材料，即碳钢与合金钢、不锈钢、铸铁与球墨铸铁、铝合金、耐热合金和高硬度钢的加工需要。由于断屑槽和材料的合理配合选用，使各类加工切削力下降，耐磨性提高，加工表面粗糙度改善，切屑处理性变好。

ASX445型面铣刀主要用法后角为20°的四方形刀片，可用四个刀角。更换刀角不用完全拆下螺钉，松几扣即可，非常方便。刀片下装有接触刚性极佳的硬质合金刀垫，既增强保护刀体，又提高刀片的承载能力。另有独自开发的防刀片飞散的（A.F.I）短销平面定位机构，故可用在350m/min的高速切削中。ASX445型的最大切深达6mm，螺钉头部有TORXPLUS形内六角孔，配合同形板手，夹紧强度可增加20%。刀盘的刃齿数有标准型为普通钢和不锈钢加工时的第一推荐，它用于切深和进给大、刀柄伸出长、工艺刚性差的加工；多齿型的为淬硬钢和耐热合金钢加工的第一推荐，用于切深、进给小的加工；超多齿型的为铸铁加工的第

CIMT2011 特刊(四)——机床工具 创新技术篇

一推荐，用于每齿切削量小、大进给加工时。根据面铣刀直径齿数可装1～2片修光刃刀片，以提高加工表面质量。

ASX445作为通用一般加工的面铣刀是非常优秀的，但由于不能调整刀齿的振摆，故精加工的能力有限。在现场有时可用减少刀齿数，甚至仅为1～2齿，用高速精铣或称飞刀精铣的办法来实现较高精度的加工。

为完成钢的精铣，三菱有一型号FF3000，它有2个刃，振摆可调，用11°正角刀片，切削速度达80～300m/min。进给速度可达1 000～3 000mm/min。刀片材料可用金属陶瓷、K类硬质合金以精加工铸铁。当然为实现精铣，除刀具条件外，机床也应要求刚性好功率大，铣刀悬伸应短。工件安装刚性好，安装合理。

铸铁加工用面铣刀

铸铁加工用的面铣刀有较好的进展，在粗、半精铣方面开发了有特色楔块夹紧机构，可用具有14个刀角的七角形特厚负角型刀片的AHX640W型面铣刀。一般楔块夹紧需4～6个零件，它仅需两个零件。其楔块结构独特，作出一凸起扣压在刀片中孔中，在高速切削时可防止刀片飞出。由于结构紧凑，可安装刀片数多。超多刃式AHX640W型比其他相同直径不同型号刀体安装刀片数多，甚至可高于螺钉安装超多刃式的ASX445型。如ϕ315mm的面铣刀，前者可装44片，后者仅可装28片。这样同样的每齿进给量、同样的转速下，AHX640W型进给速度比ASX445型可提高1.5倍。由于加厚了刀片厚度，使用了硬度和韧性均高的新型刀片材料M5020。这些先进的开发使其切削速度也大为提高，在加工普通铸铁时可达250～350m/min，在加工球墨铸铁时可达150～300m/min，刀具的寿命反而比以往的高，而一般的面铣刀加工铸铁切削速度在250m/min以下。AOX445型能完成从粗加工到精加工均可的高速、高效切削，这是因为它应用了硬度和耐磨性特高的CBN材料和精度高的刀片和刀体。CBN的硬度高达4 000～5 000HV，耐热性达1 400～1 500℃，800℃时硬度高于硬质合金常温时的硬度。故它能以高硬质合金3～5倍的切削速度加工且化学性能稳定，难与铁系材料和炭发生化学反应；导热系数高且随温度升高而升高，与不同材料的摩擦系数为0.1～0.3，随速度的提高而降低，而硬质合金与不同材料的摩擦系数为0.3～0.4。

三菱开发的适应用于铸铁加工的新CBN材料，牌号为CB5030。这类材料的主成分是CBN+ALN，ALN可提高整个CBN刀片的抗化学磨损能力和抗冲击能力，但必须控制含量。它还可使CBN颗粒与其他粘结剂结合得更牢固。用它来切削抗拉强度在300MPa以下的普通铸铁切削速度可达800～1 500m/min，每齿进给量为0.05～0.15mm，由于刀片为整体CBN材料，故切削深度可达8mm。CB5030的表面尚有金色涂层，这既可提高耐热性又易于辨认刀角是否用过，从而便于管理。所用的刀片为高精度的E级，E级精度各尺寸公差为±0.025mm，一般模压刀片M级公差高达±0.08～0.18mm。若刀体刀片槽精度提高，安装上高精度E级刀片则有可能将面铣刀的振摆控制在很小的范围内，从而同时实现精加工。刀片作成八角形，法后角为零，故若切削深度在3mm以下，可以用16个角，非常经济。它的楔块夹紧机构也只有两个零件，操作清洗很方便。

铝合金加工用面铣刀

铝合金塑性好、强度较低，精加工不宜用磨削等方法，采用精铣方法最为合理，加工表面粗糙度值可达R_a=0.8～0.2μm。

三菱铝合金一般切削用的面铣刀型号是BF407，所用刀片是25°正前角的，安装后具有大的前角和后角。刀片的振摆可调。刀片的材料有K10类硬质合金HTi10和聚晶金刚石MD220。铝合金中ω_{Si}<2%～10%时，切削速度在刀片材料为HTi10时，可选400～1 000m/min。刀片材料为MD220时，可选800～1 200m/min。铝合金中含硅量约15%时，刀片为HTi10时，切削速度选200～600m/min；刀片材料为MD220时，切削速度选400～800m/min。每齿的进给量均为0.05～0.25mm。

在铝合金精加工方面有高速精加工用的V10000型，切削速度可达1 000～6 500m/min，加工铝合金中ω_{Si}≤16%，可用低于6 500m/min的速度加工；ω_{Si}≥16%，切削速度应低于1 000m/min，每

齿进给量则均为0.2mm以下，切深在0.5mm以下。它所用的刀片材料也是聚晶金刚石MD220。由于速度特高，它具有防刀片飞出机构，刀片振摆调整结构。刀体为减少离心力用高强度的铝合金材料制造。为在高速下保持平衡，用高精度的C级刀片，尺寸精度仅为±0.013mm。V10000型面铣刀出厂时，已作了平衡调整使达到ISO等级G6.3。使用中不允许转动刀体外已调好的调整螺钉。安装刀片的小刀夹更换时，也必须回厂重新调整平衡。

德国MAPAL公司的安装PCD刀片的刀夹，加工铝合金材料的PowerMill和EcoMill系列面铣刀也非常优异，特别高效，加工精度与表面质量好，机构简单零件数特少，刀夹刀片伸出量轴向可调精度高，夹紧牢固操作方便。PowerMill系列的面铣刀带PCD刀头的刀夹还可以重磨，可多次使用，也可换用按需设计的特殊刀夹。EcoMill系列的铣刀刀夹的轴向调节依靠新型楔块，刀夹可以更换。这两个系列刀夹除带PCD刀头外，也可带其他材料刀头。他们的刀体材料都是铝合金且被精密加工过，刀夹也被精密加工过，互相定位配合很精确，故调整变得非常简单，不需要高价的对刀设备进行费时的调整。刀体刀夹和调节螺钉、锁紧螺钉一起在高速切削条件下，尚能达到非常高的平衡质量（ISO1940/1G2.5），若有不平衡还可通过侧向平衡螺钉来调节。为防止切屑损伤，铝质刀体装有切屑防护板。还有一种创新是具有可使切削液从其中心通过的固定螺钉。

加工案例：①用PowerMill系列中D=125mm的PowerSpeedZ8面铣刀加工铝汽缸盖平面，铣刀转速为n=6 500r/min，进给速度为v_f=6 240mm/min，加工后平面度≤10μm，表面粗糙度值R_z=4μm。②用PowerFeedZ6加工铝阀体平面，刀体直径D=370mm，刀具转速n=3 000r/min，进给速度v_f=1 800mm/min，加工后平面度达9μm，直线度为8～10μm，表面粗糙度值R_z=1.6μm。

难加工金属材料切削用面铣刀

难加工金属材料在这里主要指40～60HRC的高硬度钢、奥氏体不锈钢等。三菱所用面铣刀的牌号是SG20，它采用ϕ20mm圆形刀片。圆形刀片的刀头相对其他形状刀片刀头强度大，因此有可能使用30°大前角刀片既保持较高强度，同时又可锐利地切削不锈钢，也可加工钢与合金钢、铸铁和淬硬达40～60HRC的高硬钢。刀片材料是K类、M类硬质合金。刀片是用楔块螺钉夹紧，可调，可兼作粗加工与精加工用。

多功能面铣刀

多功能面铣刀是指直径较小的面铣刀，它除可进行平面加工外，还可进行斜面加工、掘入加工和倒角加工，有的还可以钻孔、扩孔、仿形加工和槽加工等。

BRP型装有圆形刀片，刀片用螺钉安装，不能调节，故一般只用作粗加工。其直径较小，故适加工较窄平面。另可作仿形加工和掘入加工，据不同的直径可在样本中查到可加工斜面最大的角度和长度，最小最大钻孔直径等。刀片的前角为11°，圆形刀头强度大，可加工钢外，还可加工不锈钢、铸铁、耐热合金、钛合金和高硬钢。

OCTAUCT型可装圆形刀片，也可装八角形刀片，两者均为20°正角形，故只能用刀片的一面。刀片用螺钉安装不能调节只用作粗加工。同样由于刀片头部强度大又锋利，所以也能切不锈钢、高硬度钢等。加工功能大体同上。其直径在较小尺寸即32～63mm时，还可使用CBN材料牌号MB730的刀片，用以高效加工铸铁和高硬模具钢（45～60HRC）。

AJX型使用的刀片形状是近似于三角形的特殊模样，刀尖有2～3mm的大圆角半径，强度较大。刀片安装后，主偏角很小，故切削力的轴向分力大，铣刀刀柄负荷主要是压杆受力，很稳定。因径向走刀分力小，所以可以大进给加工，切削效率大为提高。刀片是13°、15°的正角形。刀片的夹紧是既用螺钉又用压板的双重夹紧，刚性特大，适应了大进给加工的要求。安装AJX型铣刀在刀柄上的螺钉特意作出中孔和斜侧孔，可将刀柄中孔传来的切削液，分别送至各刀片，以满足大进给加工沉重负载的要求。

多功能面铣刀由于直径较小，可加工平面较窄，也可把它归为多功能立铣刀，其品种型号很多，有很多特色，本文不再赘述。 **MW**

（收稿日期：20101231）