

电永磁技术在金属加工中的应用

■ 大连高金数控集团有限公司高级工程师 吕 祎

摘要：介绍电永磁磁路结构设计与工作步骤，指出电永磁技术的先进性与可靠性，将其应用于机床夹具的设计、制造中，使得夹具结构简化，定位精度、刚性和准确性提高。一次装夹工件数大幅增加，尺寸一致性好，加工效率高，提高了产能，适用于大批量生产。



对于金属加工来说，机床是前提，刀具是手段，夹具是保证。而高效、高精、高刚性和低成本的夹具设计及制造离不开电永磁技术。

电永磁吸盘是电磁吸盘、永磁吸盘的升级替代产品，先进的、独特的电永磁技术贯穿其中。它仅在接触面 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 内有磁力线循环，夹紧力可达 $156.8\text{N}/\text{cm}^2$ 。各部位的刚性均一样，工件在加工过程中处于自然舒展状态，加工完后，工件不会反弹变形；抗振性好，无应力变形，非常适合高速切削；支撑点多，工件与吸盘或导磁垫的所有接触点均是支撑点和夹紧点，均起抗振作用；夹紧点多，工件与吸盘或导磁垫的所有接触点均是

支撑点和夹紧点，夹紧状态不受人为操作影响，所有部位抗振性都好。刀具寿命可提高30%~60%，机床有很好的精度保持性，夹紧力“恒久不变”。装、卸工件时瞬间用电0.8s，能耗可忽略不计。磁盘状态转换用电2s。无任何泄露，无污染。其优点是：安全强劲、实用高效、经济环保、快捷方便、节省空间、持久耐用、操作简单及投资较少，使用维护成本几乎为零。

1. 电永磁磁路结构设计与工作步骤

基本结构是电永磁磁盘磁极均布在工作面上，由盘体、线圈、磁极和稀土永磁材料等组成，如图1所示。

工作步骤：点击控制器的充磁按钮，电永磁主磁极产生主磁

通，按顺序构成闭合磁回路：稀土永磁材料→磁极→钢板→磁极→稀土永磁材料。电永磁产生的主磁场将工件充分磁化，产生强大的永磁场吸力来保证加工所需夹紧力，并将置于磁盘工作面上的工件吸牢。加工完后，点击退磁按钮，磁路闭合对外不显磁：稀土永磁材料→磁极→稀土永磁材料，工件从磁盘上卸下。

2. 电永磁技术的先进性与可靠性

在保证导出最大磁吸力的前提下，电永磁模块主磁路材料采用优质碳素钢板，更增大了磁极的硬度及耐磨性。线圈用低电阻率的优质铜线制作，用具有良好绝缘性能和导热性能的环氧树脂充料填充，再进行真空干燥处理，保证产品的电气性能、绝缘性能以及电磁线圈的耐老化性能。

电永磁是由永磁材料产生吸力，通过电来控制电永磁有磁力或者无磁力的磁力搬运夹持系统。电永磁的磁力来源于其内部组成磁回路的钕铁硼磁钢、铝镍钴磁钢两种高能磁性材料。通过电来控制电永磁体内部的磁路转

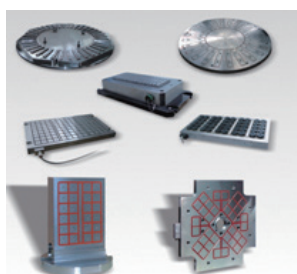


图 1

换，对外表征充磁状态时磁力线通过外部物料形成回路，产生吸力（磁性），如图2所示。或退磁状态时给电永磁提供瞬间（ $<0.3s$ ）的电，电永磁磁路转换（无磁性），以实现磁铁对物料的吸附和释放（见图3）。

电永磁仅在磁路转换时需要电能，在磁路转换正常操作频率时，电永磁不需要特殊考虑线圈发热对其影响。如转换频率高时，电永磁需要根据实际使用频率进行设计。

电永磁吸力由高能永磁钢提供，电永磁进入充磁状态后，吸力不受高温以外的环境因素影响。断电不影响吸力。独特的磁路设计，通过众多磁钢缝隙网格，使得磁力线在水平平面区域内流动，形成回路而产生大吸力。仅在磁路转换时通入瞬间电能，工作过程中不再用电，磁路转换时间短。退磁状态，磁力线在内部形成回路，工作面和工件剩磁极低。电永磁吸盘夹持工件类型如下。

（1）直接夹紧：借助吸盘吸力，将接触于吸盘表面的工件吸牢并夹紧工件，如图4所示。

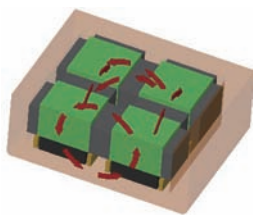


图 2

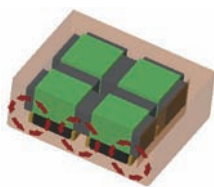


图 3

（2）间接夹紧：常用于加工铝壳、奥氏体不锈钢材料的非磁性工件，吸盘对压板的吸力将工件压紧固定在吸盘上，这时工件与吸盘间的摩擦力（或侧推力）起主导作用（见图5）。工件受的切削力不大于侧推力时，按实际加工工艺，可增加其他辅助定位固定方式。如工件顶面需加工，可在压板合适位置挖空，预留走刀空间。吸盘控制器可与CNC机床连锁。在加工过程中，可通过退磁再立即充磁的简单方式消除工件的加工应力。

3. 夹具

先进的电永磁技术夹具，通过磁力装夹，可使工件定位于吸盘表面，既可作机械基准，又可作装夹区域。吸力均匀分布于整个吸附表面，保持全面开放状态。定位准确、接触面大、夹紧力大，易于做到设计、工艺及测量基准相统一，定位、装夹误差小，加工件尺寸一致性高，可满足机床最大行程和工作台面高的利用率，一次装夹工件数多，夹紧可靠、简单，工件无夹压变形，对操作者要求低，自动化程度高。一次装夹可完成五面加工，因没有任何障碍和约束，加工能力可得到最好的发挥。加工过程无振动，切削量加大，刀具寿命延长，表面粗糙度值降低，精度提高。高效、高精、高刚性和低成本的优越性全部展现在金

属加工中，这正是飞速发展的金属加工业所需要的，没有理由不充分利用先进的电永磁技术。

4. 粗成形磨导轨滚道

将图6所示国产电永磁夹具固定在导轨粗成形磨专机工作台上，图7所示3种类型的导轨均可粗磨。用电磁力吸牢，一次装夹4根导轨，先磨左侧截面形状，反身磨右侧截面形状。法向留磨量 $0.35mm$ ，表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu m$ ，加工效率为进口导轨成形专机的4倍。

5. 精成形磨导轨滚道

将图8所示进口电永磁夹具

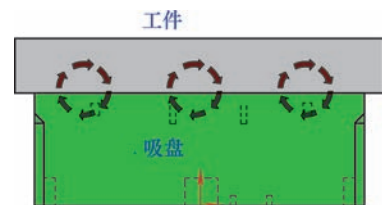


图 4

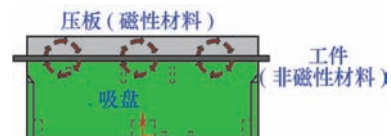


图 5



图 6

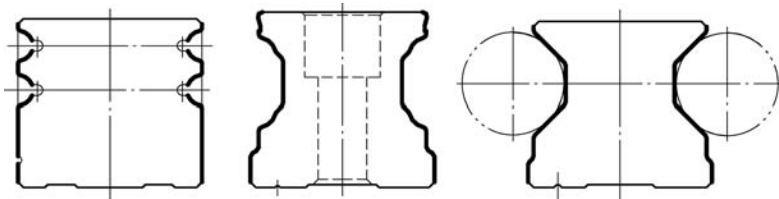


图 7

固定在进口导轨成形磨专机工作台上，图9所示3种类型的导轨均可精成形磨。用电永磁力吸牢，不再在6m长导轨用几十个螺钉固定。装夹时间大大减少，变形小，不易拉伤定位面。再利用机床三轴联动功能，用一台装有进口金刚石滚轮的修整器修出两立式磨头上的砂轮，成形磨出高精度产品。

6. 粗成形磨滑块滚道

将图10所示国产电永磁夹具固定在滑块粗成形磨专机工作台上，图11、图12所示3种类型的滑块均可粗磨。用电永磁力吸



图 8

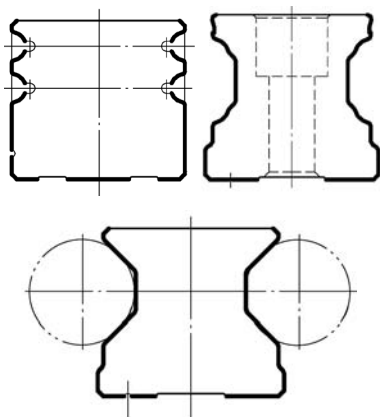


图 9



图 10

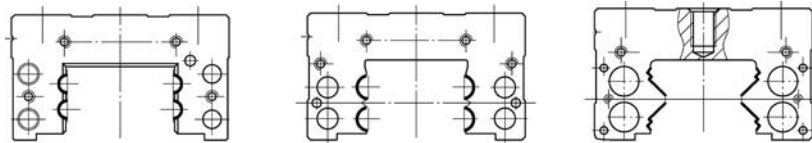


图 11

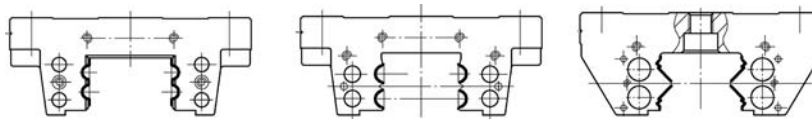


图 12

牢，一次装夹多件，法向留磨量0.15mm。

7. 精成形磨滑块滚道

将图13所示进口电永磁夹具固定在进口滑块成形磨专机工作台上，图14、图15所示3种类型的导轨均可精成形磨。用电永磁力吸牢，一次装夹多件，用两台



图 13

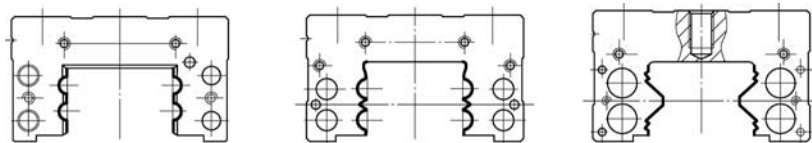


图 14

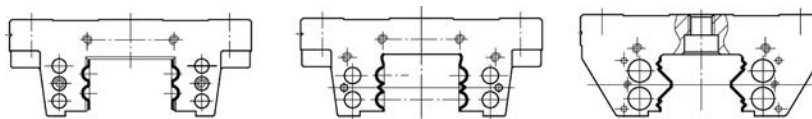


图 15

装有进口金刚石滚轮的修整器修出两立式磨头上的砂轮，两磨头等高，并形成相位差，进行差动磨，成形磨出高精度产品。

8. 精铣滑块长度两面

将图16所示国产电永磁夹具固定在滑块铣专机工作台上，图17所示3种类型的滑块均可粗



图 16

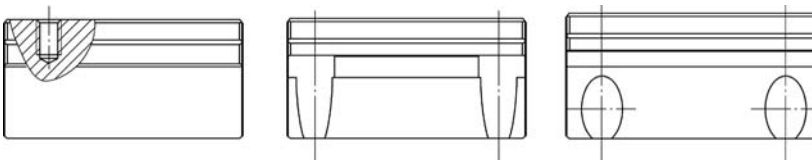


图 17

磨。用电磁力吸牢，一次装夹多件，操作简单、效率高。用硬质合金盘铣刀，高速、大进给，“以铣代磨”，精铣滑块长度两面。

9. 精磨压轴承的隔套厚度两面

采用先进电永磁技术制成的圆形电永磁吸盘，设计成精密磨夹具，固定在精密平磨工作台上（见图18）。吸盘上摆满隔套，吸牢，用法向切入法进行磨削。精度：厚度两面平行度 $0.002\sim 0.004\text{mm}$ ，表面粗糙度值 $R_a=0.4\mu\text{m}$ 。适用于大批量生产。

10. 另外几种加工情况

另外几种加工情况如图19～图22所示。

11. 结语

先进的电永磁技术应用于机床夹具的设计、制造中，使得夹



图 18

具结构简化，定位精度、刚性、准确性、合理性和可靠性提高。一次装夹工件数大幅增加，尺寸一致性好，效率高，加工周期缩短，成本降低，可赢得巨大利润。提高了产能，适用于大批量生产。操作简单，对操作者要求降低，可实现一人多机操作。无泄漏、无污染，环保、经济，为

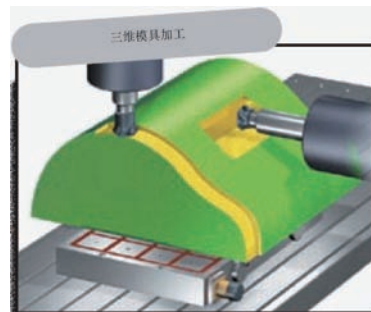


图 21

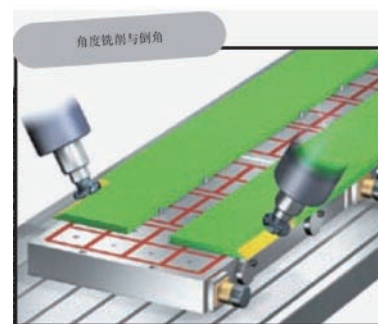


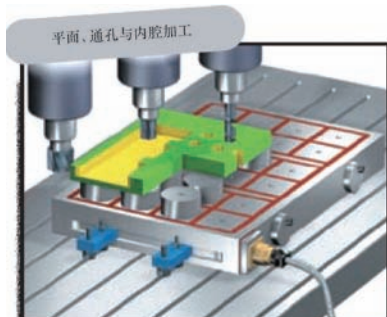
图 22

金属加工企业所接受，更凸显了其重要性。电永磁技术装夹系统为机床夹具设计、制造补短板，为金属加工技术的飞速发展做出了贡献。

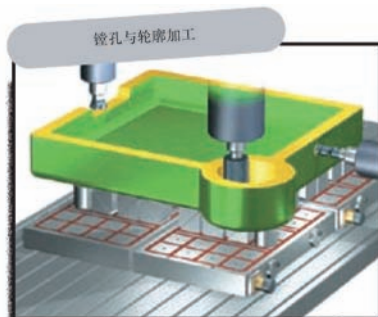
参考文献：

- [1] 孙凤池. 机械加工工艺师手册[M]. 北京：机械工业出版社，2007.
- [2] 王喜文. 中国制造2025解读：从工业大国到工业强国[M]. 北京：机械工业出版社，2015.
- [3] 朱耀祥，普林祥. 现代夹具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2009.
- [4] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2009.
- [5] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 北京：机械工业出版社，2006.

MW (收稿日期：20170518)

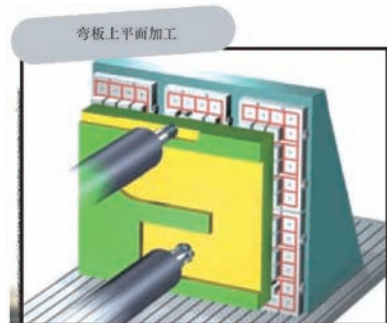


(a)

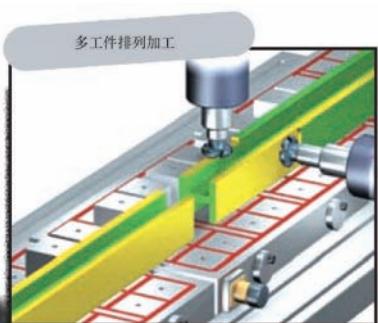


(b)

图 19



(a)



(b)

图 20