

机床

VVT 转子生坯的绿色加工

可变气门正时系统 (VVT)，是通过配备的控制及执行系统，对发动机凸轮的相位进行调节，从而使得气门开起、关闭的时间随发动机转速的变化而变化，以提高充气效率，增加发动机功率的系统。

文 | 瑞士精机公司



粉末冶金 VVT 转子

VVT 系统的执行机构——相位器中的核心零部件，如链轮、定子、转子和端盖等大多采用粉末冶金工艺。粉末冶金技术以其少/无切削的绿色制造特性、良好的材料适应性、可塑性以及经济性，在工业上得到越来越多的应用。而移相器中，最核心的部件就是转子，转子上设计了许多孔、沟槽等几何要素，其中轴向孔、端面沟槽都可以通过模具压制出来，但径向油道和凹槽却无法压制，只能通过二次加工来实现。传统的加工工艺一般是在烧结之后（有的需要淬火），使用高速加工中心，对径向凹槽和油道孔进行硬加工。其优点是柔性好，适合小批量生产；缺点是刀具寿命短、刀具成本高、毛刺难处理、工件氧化生锈、节拍长等。

组合机床与绿色加工

通过对生坯进行软加工来减少节拍，提高刀具寿命，减少生产成本，从而可以实现 VVT 转子的大批量、低成本的真正绿色加工。但对生坯进行加工，存在

着诸多难题，如易碎、掉渣、去毛刺等。瑞士精机通过与奥地利米巴集团的共同开发和合作，对工艺参数、工装夹具、刀具、上/下料系统、去毛刺、真空吸尘装置的反复验证和不断优化，实现了加工精度、效率、成品合格率、刀具及其他辅助系统的最佳匹配，开发出了最适宜生坯加工的工艺和机床配置。

瑞士精机回转式组合机床，进行转子径向凹槽和油道孔的加工。机床可配置 5 个或更多工位及高精度数控回转工作台，具有极高的精度，模块化夹具的重复定位精度高达 $2\mu\text{m}$ 。对于生坯来说，装卡系统的夹紧力至关重要，瑞士精机经过反复的研究，对比不同的夹紧方式与夹紧力，分析加工效果，最后决定采用液压驱动膜片式卡盘，通过对夹紧力的精确调整，实现了转子的高精度、高产能、高成品率的稳定加工，避免了因夹紧力不适合而导致废品的情况发生。

提高刀具使用寿命

对刀具的设计和材质的选用

也是影响加工精度和刀具寿命的重要因素，由于生坯是由不同的金属粉末通过粘结剂压制而成，金属粉末都保持着各自的物理属性，其颗粒的大小、硬度等都不一样，并且颗粒之间存在较大空隙，刀具在加工过程中承受着频繁的冲击，导致刀具极易磨损甚至崩刃。而瑞士精机只需要使用涂层硬质合金刀具就可以满足要求，同样的刀具，在瑞士精机机床上使用，其寿命是采用硬加工工艺的 5~8 倍，极大地提高了刀具的寿命，同时大幅降低了生产成本。

一次装卡，全部加工

基于以上各项优越性，加上高速电主轴，瑞士精机组合机床成功实现了高精度、高效率、大批量的加工，并且在一台机床上实现了一次装卡，完成全部车沟槽、钻油道孔、去毛刺、工件清洁等工序。而这些只需要一套程序、一台设备的水、电、场地费用。可以说，一台瑞士精机组合机床就相当于一条小型生产线。MM