

夹具

更高效的工件夹持方式

这家赛车发动机部件制造商所生产的每个产品系列内都存在许多种变化组合。Jesel 公司通过正确的工件夹装方式实现了经济高效、响应快速的部件加工。

文 | Peter Zelinski



图 1 Jesel 气缸缸盖上的摇臂

显然，工件夹持最重要的原则就是夹住工件。事实上，工件夹持在许多情况下的唯一功能就是夹住工件。对于许多加工作业来说，拧紧夹具或台钳既是必要的手段，也能展现充分效果。

但是，还有一些其他作业，其中的工件夹持要扮演更多的角色。工程设计良好的夹紧方式或夹装方式能够同时增强加工过程

的精度和效率。甚至还能够让一些企业以按需制造的方式进行小批量加工。

Jesel 公司（位于新泽西州）作为赛车界声誉卓著的制造商，从事着高端气门机构部件的加工制造，这些部件设计用于高性能赛车。制造经理 Ray Frattone 说，即使在普通的汽车发动机上，气门机构也会承受过度的使用，这

是一种循环应力高发的机械系统。在赛车发动机上，这种过度使用更加密集。这就是为什么，标准汽车上所使用的轻重量、低成本的摇臂在赛车应用中会被一条重载型摇臂所替代，而这个摇臂属于定制产品，用整块钢材铣削加工而成（图 1）。Jesel 的加工工艺中还包含内部喷丸硬化和热处理，这些都专门用于制造摇臂类部件。

Jesel 公司编制了标准的部件产品目录，Frattone 说，Jesel 公司的所谓“标准产品目录”实质上涵盖了大量的变型。仅摇臂一项就占用了数百个部件编号，而且如果某支赛车队想采用与其他数百种摇臂都不同的崭新摇臂设计方案时，Jesel 公司也不会拒绝。而由于所有这些变型的存在，唯一没有呈现出显著变化的主要摇臂表面细节就是部件上的孔，这个孔只有两种可能的直径。实际上，其他表面形状当中的每一项都在变化。这样就导致工件夹持设计成为一种挑战。“这是一项重要的挑战，”Frattone 先生说，“有效的工件夹持可能是 Jesel 公司目前能够按订单加工部件，而无需

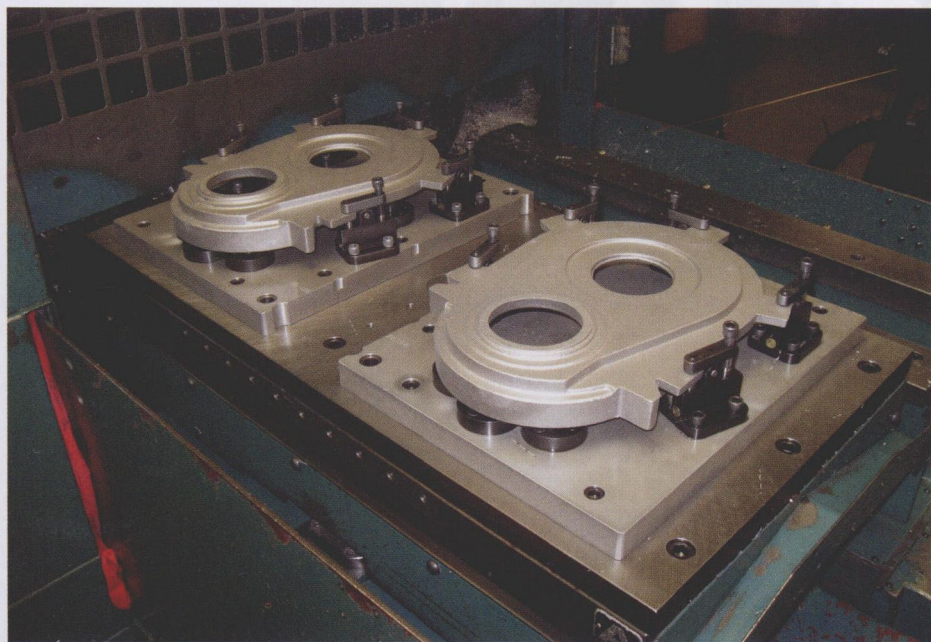


图 2 内部机加工对于 Jesel 具有特别重大的价值

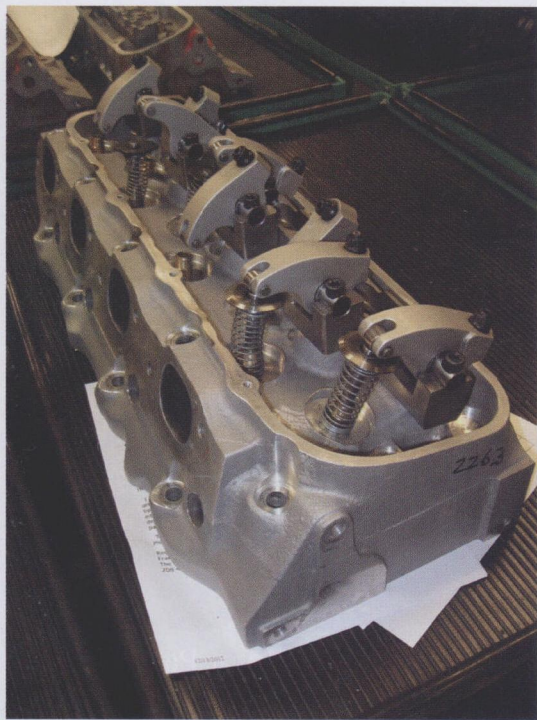


图3 在机加工中采用台钳来夹持气缸盖

要准备大量成品存货和半成品存货的主要原因，而公司之前确实需要准备大量存货。”

随时加工 随时交货

缸盖架是 Jesel 公司从委托外部供应商转为内部自行加工的第一款机加工部件。这次转变要追溯到二十世纪 90 年代。Fratton 先生说，他们的客户们都在尽全力让赛车性能突破已有的极限，所以 Jesel 公司在进行加工时会按超越客户期望的标准来进行。通过内部加工，Jesel 公司可以采用高质量标准而又不必为此付出高额的费用（图 2）。

缸盖架是一个与缸盖长度相同的部件，它用作缸盖与摇臂之间的转接器。而摇臂组件通常通过螺纹孔直接安装到缸盖上。在这个安装位置上，通常采用一个支架连接到缸盖，提供了一种以更好刚性装配这个摇臂的方式。缸盖架还提供一种可以改变摇臂

位置的方式。尽管缸盖架在技术上属于一种标准产品，但实际上却恰恰相反，客户会将自己的气缸盖送至 Jesel 进行测量，以便可以根据发动机来定制缸盖架。

Fratton 先生说，在机加工过程当中，将由台钳来夹持气缸盖（图 3）。台钳通常被视作一种通用的工件夹持装置，而不是专门工程设计系统的组成部分。对于一个开始时只是简单长方体的部件来说，台钳在实际上是非常理想的装置。

Fratton 说，气缸盖的加工对于 Jesel 公司的真正重要意义在于它揭示了宏编程的价值。在早期阶段，只有 10 种缸盖架型号进行了编程，而公司发现了一种能够改进机加工效率的新型切削刀具。而所有这些程序都必须进行改编才能使用这种刀具。Fratton 先生当时就知道，类似这样的技术进步会持续不断地发生下去。而当存在 100 个以上的缸盖架加工程序时，实施工艺改进的工作将不

可能实施。因此，Jesel 公司没有改编这么多的独立程序，而是创建了少量的机加工宏并基于这些例行程序构建起全部的缸盖架加工程序。如今，为了适应刀具改进或其他工艺变化，只需改变这些宏就可以了。

这些缸盖架在一台专用的 Mori Seiki 卧式加工中心（HMC）上进行加工。在这台机床立碑的一个面上，台钳将缸盖架夹持在与地面平行的方向。而在立碑上与其相对的面上，完全相同的台钳将部件夹持在与地板垂直的方向上。通过将这两种夹持方式加工企业可以针对具体缸盖架设计方案的表面形状来选择最适合的配置方案。与此类似，这台机床随时配备着标准机加工所需要的全部切削刀具。Fratton 先生说：“通过保持机床处于这种准备状态下，就让加工一个缸盖架的单位成本可与加工多个缸盖架的成本相同，因为它极度缩短了夹装用时。从而使加工过程的反应特别

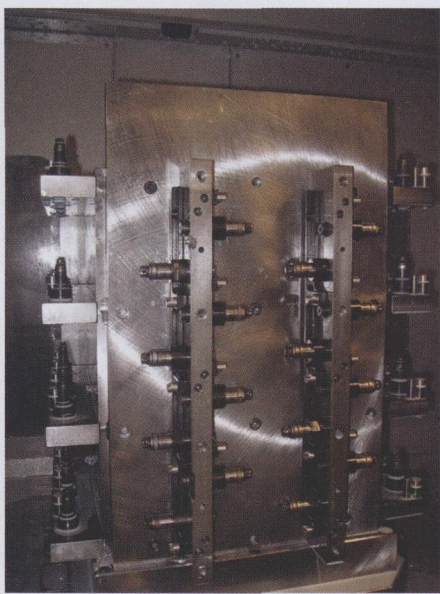


图4 摇臂立碑的 4 个面专门用于两种不同摇臂孔直径的工序 1 和工序 2



图5 均衡器式夹具能够自行找到并夹紧那些位置上可能有变化的表面形状，诸如这些铸造部件上的凸片

快速。如果一份缸盖架的订单早晨到达，那么到午餐时这些部件就可以加工完毕了。”

张开双臂

另外两台 Mori Seiki 出品的 HMC 专门用于摇臂生产。而唯一不会改变的摇臂表面形状就是孔部，所以夹具必须夹在这个表面形状上。由一个膨胀环在钻孔的内径表面上将这个部件固定住。

Fratton 先生表示，这些部件过去在立式加工中心（VMC）上加工，而由于不同的摇臂设计方案采用了不同的夹具，夹装工作比较费时。为了摊平夹装工序的成本，以前会对部件进行大批量加工。结果就是，公司就要在货架上堆积不少成品库存等待订单，而且半成品存货也在车间各处占用了不少空间。

如今，虽然也存在半成品存货，但这种存货以不同的形式存在着。公司不再采用让许多不同的摇臂产品编号在半成品状态下等待的方式，而是制造出预加工过的坯件，这些坯件可以加工成任何一个摇臂部件编号。只需 1 台 VMC 负责这些部件的镗孔、钻孔和铣削这样简单的方式就行。而原料坯件将在一个单独的筒仓内以这种状态等待使用，然后在 HMC 上加工成所订购的任意部件编号。

两种摇臂孔孔径各占据立碑的两个面。也就是说，工序 1 和工序 2 都用于大尺寸和小尺寸的摇臂孔直径并占用了立碑的 4 个面（图 4）。部件几何形状的变化使得宏对部件的价值甚至更高于对缸盖架的价值。

也许在观察这种正在使用的工件夹持方式时，让人最惊讶

的莫过于在任何典型加工循环内都近乎空着的立碑了。公司不再采用大批量生产和到处存放半成品的方式，HMC 将按照订购数量完成部件的加工。这意味着操作者要按 8 个或更少的批次来频繁加装和加工部件。这意味着立碑的能力在典型情况下都不会被完全利用。而无需充分利用这个生产能力的原因在于，真正的节约效果来自于夹装用时的减少。

平整夹持

Fratton 最感自豪的工件夹装方法是在一台双主轴 VMC 上夹装正时齿轮盖以供铣削和钻孔的方式。这种夹装方式采用了一种由 Fratton 先生发明的夹具设计方案，能够在距机床工作台不同的高度将部件固定好的“均衡器”式夹具（图 5）。将正时齿轮盖的夹装转换为采用这种夹具进行夹装后，同步提升了加工的速度和质量。

这些夹具利用了从这个铸造部件侧面伸出的一体化凸片来将部件夹持住以便进行机加工。因为这些表面形状本身是铸造成型的，所以这些凸片的位置会在整个部件上存在细微不同。因此，采用较为简单的工件夹持方式来夹持这些凸片会导致部件发生变形，其程度足以产生高达 0.025 in (1 in=25.4 mm) 的平整度误差。这种误差并不会影响这个部件的性能，但是与发动机的不精密配合确实会影响客户对产品工艺水平的感观。此外，这种变形也会在加工过程中导致振动，而振动肯定会影响刀具的使用寿命。

Fratton 先生说，从前，他们曾用液压式工件夹持方法固定在高度上略有变化的凸片。但是，



图 6 这种夹具采用了一种执行器机构，这种机构能够从表面形状的下面升起一个棒杆进行检测，然后再从上方将其固定

这样做会增加不必要的复杂度，而且会涉及到从部件的上方和下方以相反的方式相对施加作用力的情况。而这种均衡器式夹具采用了一种位于夹具主体内的执行机构，这个机构能够升起一个棒杆来找到表面形状的底面，然后用夹具从上方将其锁定（图 6）。一系列这种夹具以阵列方式围绕着正时齿轮盖进行排列，就可以让不同的夹具在不同的高度上找到这些凸片。

Jessel 在一台 Matsuura 双主轴机床上可以同时以这种方式夹持 2 个部件。在这台机床上，加工 2 个部件的成本几乎与加工 1 个部件的成本相同。他说，根本不用担心 2 个主轴之间的定位误差会成为另外一个误差的来源。对于有可能产生这种问题的加工件，Jessel 将只允许 1 根主轴用于加工这两个部件上的这种关键表面形状，而会将同时加工作业暂停一下，逐个加工。MM