

加工成本决定一切

Cost-Effective Workpieces -- Without Compromise

介绍:

无论机床的设计简单或复杂,是否含有最新的技术,对使用者来说一般没有任何区别。使用者所需的是在加工时获得最大的成本效率。这正是由 Dorries - Scharmann 公司新的配备 Sinumerik 840D 控制器的 Ecospeed F 5 轴加工中心所能提供的。

今天,由著名品牌 Dorries Droop+Rein Scharmann 和 Berthiez 组成的 DST 技术公司,拥有大约 740 名职工,其生产中心设在德国的比勒费尔德和门兴格拉德巴赫以及法国的 St. Etienne。

2003 年,该公司的销售额为 1.19 亿欧元,主要销售地区包括德国、西欧、美国和中国。销售市场主要集中下列各个工业领域:航空宇航制造,机床和模具制造,通用机械制造以及包含发电机组建设及其相关服务部分的能源工程。

DST 集团的产品包括大的和超大的加工中心,以及针对不同用途设计的各种车床和磨床。DST 生产各种切削机器,包括 5 轴和高速加工系统。在大多数情况下,基于模块化的系统可以为用户提供定制化的解决方案。例如,具有研磨能力的车床可被用于加工燃气轮机叶片。或者,可以在同一台机床上车削和研磨直径为 5~8 米的大型滚珠轴承。

一般来说, DST 机床产品最初具有某个特定的尺寸,但实际尺寸可以改变,并无上限。DST 可以提供用户所需的最大机床。实际开发情况由 UG (Solid Edge) 和 E-Plan 等 CAD 系统所支持。3 维 CAD 系统集成于过程链中并延伸到产品(这些机床产品被集成于加工环节中,后者的最后一环就是成品)。DST 同样“面临这样的事实:多数用户,尤其在美国,决定他们购买意向的主要因素是机床的价格。” DST 飞行器销售和市场总监 George S. Finlayson 如是说。“然而,我们认为更重要的因素应该是单个工件的加工成本,而不是机器的总价格。如果我们的单个工件加工成本低,我们会在机器的使用周期结束前得到很好的回报。拥有 Ecospeed F,我们可以生产保证最低的成本的机器,每一个工件都是如此。”

为达到这个目的, DST 必须放弃使用普通的机床制造方法。Finlayson 认为,“仅靠在主轴箱使用快速主轴来达到高速切削是不够的。”尽管 DST 已经领悟到了在各方面都是最高的新的机械理念,但仍采用了许多在‘最初的’Ecospeed 应用的单元。而这些单元在过去的 5 年里已经得到飞机部件制造商的证明。

与 Ecospeed 相同,在 Ecospeed F 中多轴主轴箱具有核心作用,其主轴运动通过 3 连杆机构传递。这个三臂系统是由亚琛工业大学 (RWTH Aachen) 和西门子联合开发的,其中前者负责机械部分,后者负责控制系统和软件。三方面的协作开发非常有效,仅经过 12 个月的开发和设计,第一套系统就转交给用户开发组, EADS。

Sprint Z3 多轴主轴箱

Dr. Norbert Hennes, DST 的商业董事,解释在床头箱内的三臂系统的基本运动原理:

“柱型的支架上包含三条用于引导滑动的线性导向系统,它们相互偏置 120 度角,其三角形导轨杆保持同轴。它们另一端通过具有三自由度的铰链节连接着主轴箱。滑动依靠滚珠丝杠和伺服驱动。”这唯一的,专利权观念使能够电机主轴只需负载几个部件在一个 80 度锥形空间内移动。由于质量在这个解决方案相对较小,因此系统可以达到高灵敏度动力响应。加速度是 1 个重力加速度,最大速度是 50 m/min。

刀具电机的主轴本身通过螺纹紧固在轴座上。动力和传动机构是通过直接使用螺纹配合来固定的,没有使用旋转式馈通单元和电气密封。这也就是说,省去了损耗和维修费用。主轴箱通过水冷方式来散热。驱动功率是 80 KW,最大转速是 30,000 rpm。

Finlayson 认为:“正如测试比较显示,驱动功率直接影响机器的切削率。要想获得较大的切削量就应使用高功率的主轴驱动。基于此,我们的目标是在不久的将来使主轴电机的功率增加到 100 KW。”

当然,主轴驱动力并不是唯一的因素。对于最初的 Ecospeed, DST 已经着手设计了高动

力的、水冷式驱动电机 (Siemens type 1FT6)。

这些电机在产生最少热量的前提下可以为主轴提供最大的功率。总的来说,通过水冷可以提高 50% 的有效功率。这使得在实际的操作中降低了相当多的切削次数—这是一个重要的因素,由于飞机的部件有高达 90% (有时甚至更多) 切削量。总体上,四个驱动器 (Simodrive 611D) 分别用于 x 轴和 y 轴,还有三个驱动器用于 z 轴。它们可以使工作锥形物 (+/-40 度) 在 0.5 秒内旋转一周,到目前為止该方案优于 Y 型机箱方案。

在开发 Sprint Z3 的过程中,其刚度已预先通过有限元方法计算,并进行了运动学仿真。“为了控制轴的运动,新算法在和亚琛工业大学 (RWTH Aachen) 合作下开发出来,然后由西门子将其转化为应用软件,” Dr. Hennes 如是说。

第一台实用的样机显示出刚度和精确度相当好。轴端的刚度大约是传统设计方案的四倍。

“我们可以明显的看到这一点,因为我们也同时制造这些传统设计方案,可以直接进行比较,” G. Finlayson 解释道。

HSK-A 63 / 80 被选作刀架。这代表了另一个强有力的方案,能够传递高切削力和扭矩,共同提高了机床的整体性能。

机械设计

新的 Ecospeed F 机床并没有原来的 Ecospeed 机床那么大。在原来的机床上可以加工完整的飞机机翼。然而,新机型仍然是大型机床,它们的尺寸大约是 2,000 x 3,500 x 650 mm。其完美设计一目了然。这不仅体现在相应的床壁厚度和滚珠丝杠直径 (80 毫米),还体现在机床部件的巧妙安排,后者造就了短的突出和小的抬起。如果你将这些部件按比例放在传统的方案中,并比较它们,你就能更好地理解为什么这些机床有如此好的性能却没有弯曲和振动。

所谓的抗冲击力也是一个因素。冲击力 (可由加速度的三阶导数计算) 是由加速度的改变和机器体的制动所引起的。对于高加速的 5-轴机床 (在这种情况下 9.81 m/s²), 这个冲击力是一个重要的参数,在设计机床结构

时必须考虑这一点。机床设计中，可以经受的冲击力说高、并使其不传播到刀尖的能力越好，机床潜在的加速能力就越好。“通过测试比较显示出，在冲击力下，Ecospeed F 比其他最好的机床的性能还要强五倍。” Finlayson 肯定的说。

Ecospeed F 机床基本是焊接结构，机床的刀架是固定的。主轴（水平的）的高度是通过一个滚珠丝杠来调节的。一个垂直的工作台以径直的方向运动。水平主轴和垂直工作台的设计保证了良好的排屑功能——一个用于铝的超精加工的重要原则。工作台的轴通过齿轮齿条传动。主从结构的两台电机为小齿轮持续提供最佳的预应力，以消除内在间隙。完全无齿的皮带用于主轴驱动或轴的驱动中——这一醒目事实，尤其是在反转情况下，提高了机床的刚度。

工件装夹和加工可以同时进行。托盘被水平的安置在沿 x 轴方向横向放置的可旋转的双面托盘座上，然后可以把它转成垂直的位置，直接移动到工作台上。

Ecospeed F 机床提供了具有 125 把刀位的刀具库。对这种大型机床来说，刀具的更换是非常迅速的，时间间隔只有 8 秒钟。“和最相近的竞争者比较，对于典型的刀具更换间隔，在时间上的优势可以累积到 13 个小时的。” Finlayson 算道。

解决电气和控制部分的合作方案
整个电气和控制部分的设计方案由包括西门子在内的数家单位联合开发，其中 Sinumerik 840D 数控单元是其核心元件。这项方案的重要部分是坐标变换，该变换能够保证三臂系统中在三个滑轨的运动精度与刀具运动精度协调一致。因此，如果把刀尖定义为一个点，那么该点必须能通过三个 z 轴反算出来。这种反馈计算有一个封闭算法。该算法是与亚琛工业大学 (RWTH Aachen) 的协作完成的，并且提供给了西门子。在德国的 Erlangen 的西门子公司首先对算法进行了优化以便于数字化控制设备，然后再把它编

成应用软件。这个软件在运行时，操作者几乎没有意识到三臂系统的任何不同之处。他可以用他所熟悉的在传统的 5 轴加工中心所使用的编程方式和操作方式来开动机器。“他不必同时考虑运动学上的情况，” 西门子航天工业部门的经理 Dirk Rabeneck 肯定道。

除了坐标变换，西门子还开发了许多安全保证功能，如避免碰撞和监控最大速度。

为了简化安装并且便于更快更安全的操作，同时采用了多种数据总线技术 (Profibus, MPI, Ethernet)。除了别的应用，这些系统可以传递视频监视信号，这使得操作者随时可以从控制台通过监视器察看工作区的情况。

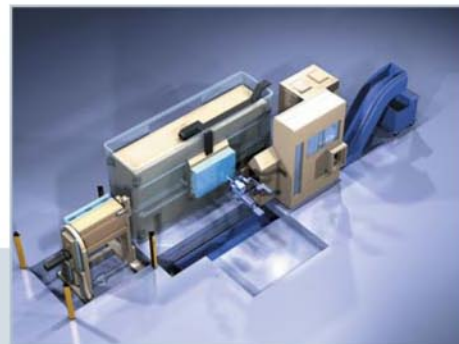
“我们的运动控制最好的部分就是 5 轴 B 样条处理器。它保证对结构件的 5 轴同步加工能够连续地、协调地进。这样可以获得零件出色的表面质量和最高的精度，并可以减少加工次数。” Rabeneck 总结。

另一项令人瞩目的技术是，在这个复杂的运动学系统中，刀杆的长度或刀具半径补偿可以通过集成的 5 轴坐标变换直接在控制器上完成。

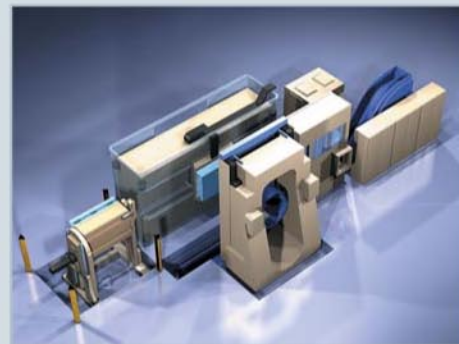
最终，通过将包括控制器在内的机床设计进行整体优化，机床达到了最佳的性能，每分钟可以切削 8 公升的金属。

这项成果的实际应用情况可以在 EADS 看到，在那里 Ecospeed 被用于制造空客 A300 的结构件。EADS 报告说其生产效率是传统的 5 轴机床的 5 倍。与此同时，产品的生产成本却降低了一半。

这些数据在评估重要投资和利润时非常有价值。无论是谁，只要在这些项目中提供最好的服务，那么他就是赢家。



主轴的水平布置和工作台的竖直布置可以保证最佳的切屑清理方案。



待加工的工件被装夹在托盘交换台，然后被移送到工作台上。



工作中的基于三臂系统的 Sprint Z3 主轴箱。



高性能加工中心 Ecospeed F 的整体外观。其中包括，床身 (右边)、工作台 (左后方)、托盘交换台 (左前方)。

经验

基于到目前为止五年 Ecospeeds 的制造经验，而这些 Ecospeeds 已安装超过 20 部并且一直在 24 小时不停顿地工作，我们可以得出这样的结论：这台机器尤其是 Sprint Z3 head 的实用性是最出众的。Ecospeed 甚至在经历在飞机制造厂里每天都会不断发生的剧烈碰撞后，依然毫发无损，不需要对三臂系统进行机械维修。过去的五年里，在已经安装的 20 多台机器中，没有哪怕是一个三臂系统被要求更换。