

加工中心

实现跨越式发展

一家小型加工企业添置了两台新机床，相比该公司以前使用的任何机床都更加先进。G&G Precision 公司正全力投入到这两台机床的潜力发掘工作中。

文 | Peter Zelinski

G&G 公司在低成本机床上采用了创造性的工件夹装技术，用于制造高价值的精密部件，诸如用于脊柱矫形用的植入物产品。尽管公司共同所有人 Paul Gombar 和 Rich Griffith 一直对于自己的企业

能够完成这种高水平的工程设计而感到自豪，但他们意识到，这些创造性的技巧只能将他们带到目前的发展水平。客户的委托工作复杂度不断提高着，这就要求他们添置更多复杂的设备。因此该公司将不得

不向前迈出发展的步伐，也许是很大的一步。

新的加工中心

这个时机在 2012 年出现了。新的委托生产任务向这家企业提出了两项重大的机加工难题。一项任务涉及到一个难以加工表面形状的钛合金部件，G&G 公司偏向于购置一台 3+2 式加工中心；另一项任务由数十个相互关联的部件编号构成，则要求在一台 8 轴车削中心上执行一次夹装完成加工。该公司承接了这两项业务，然后同时购买了这两种机床。对于一家小型企业来说，这是一次非常巨大的进步。这两台机床加起来的成本超过了这家企业在此之前所购买的所有其他设备的成本。这两种机床类型还是这家企业所不熟悉的，因为这家企业之前依赖于简单的机加工中心和车床。此外，这两台机床几乎是同时到货的。它们完成安装的时间差在两个星期以内，从而要求这家企业同时将这两台机床投入运行。

Gombar 先生为了使两台机床同时投入工作，他安排将这两台机床相互靠近地安装在一块特意扩建出来的生产场地内，他将这些机床安装上配件，用于加工新部件，从而学习如何有效地运用这些机床。这两台机床对于 G&G 公司并不是不可或缺的。这家企业购买这台 5 轴机床的目的在于很大程度上就是为了完成一个过渡面的加工，而这个过渡面无法用 3 轴加工中心通过一次夹装进行有效的加工。类似地，这家企业购买了复杂的车削中心，用于加工那些在较简单机床上需多次夹装才能加工的部件。

事实上，将要在两台机床上进行生产的任何一种部件，G&G



图1 这台加工中心采用了重载倾斜式枢轴来满足 3+2 式机加工

公司都从未生产过。就在本文写作之时，美国食品和药物管理局（FDA）对使用这些医疗产品的审查仍然在进行中。充其量说，G&G只是有信心自己将会加工这些部件，但并不是确定无疑的。而购买这些新机床就有些冒险了。但是这两位企业所有人认为，这正是一个好时机，一个让企业拥有这两台新机床所能提供的强大加工能力的好时机。有了这两台机床，G&G不仅能够承接类似的医疗产品的加工业务，更将有能力拓展他们的业务范围。

高精度

新购的3+2式加工中心是一款 Kitamura Mycenter-3XG 型产品，配备了 Koma Precision 的重载倾斜式枢轴工作台，以及一个 Big Kaiser 的 Big Plus 主轴接口和相关的刀夹，同时配备了 Renishaw 的激光刀具定位器。Gombar 先生说，所有这些选配件都是为了确保尺寸上的精度。他们选择这两款机床及其枢轴的原因都是出于对精度和稳定程度的考虑。主轴接口的双面接触方式也确保了稳定度的达成，而激光刀具定位器能够捕捉到精密刀具的偏离测量值。这台机床在多个方面对于 G&G 来说都是很昂贵的，不仅是因为其价格，同时还要求 Gombar 先生花费大量时间去学习。该机床整套系统由 Flint 公司作为一个套件进行了安装，而 Gombar 先生也称赞这家公司提供的支持，没有他们的帮助，他是不可能以较快的速度渡过相关的学习过程的。

这台机床的精度以及3+2式的工件定位对于 G&G 公司十分重要。将在这台机床上加工的钛部件是用于患者脊椎椎骨的两件式机构当中较大的半件。这个部件上有一个类似于鱼鳍的表面形状，用于配合另外一个半件，而这个鳍片与部



图2 选择3+2式机床的主要原因是为了确保这个钛金属部件类似于鳍片的过渡面的高质量加工

件其他部位之间的过渡形成了一个难以顺畅加工的区域。虽然原型产品是在一台3轴加工中心上铣削加工而成的，但这家企业必须使用更长的刀具才能达到这个表面。刀具偏斜会导致在这个过渡区域产生明显的不连续痕迹。即使客户对于这一点并不在意，但 Gombar 先生和 Griffith 先生却担心用户的不良反应。因此，他们说，G&G 拥有达成高品质加工的声誉，而且公司发出的部件可能正是自己最重要的营销手段。因此，这家企业为了加工这个过渡面而投资购买了高精度的3+2式机加工中心，并希望这样的加工能力在未来也对其他高挑战性的任务带来宝贵价值。

针对 G&G 要在这台机床上执行的新工艺，Flint 公司推荐了 G.W. Schultz 公司的端铣刀产品。这项推荐激励 G&G 开展了一连串的切削试验，以寻找最有效的刀具和参数。在 G&G 赢得 150 件预生产订单时，Gombar 先生的机械师父亲 Paul Gombar, Sr. 监督了这项试验，其中涉及到采用不同的切削刀具和不同的切削条件组合来加工不同的工件，从而可将相关性能以文档方式记录下来。在这些试验结束时，这家企业不仅采用了 G.W. Schultz 的刀具，而且采用了对于 G&G 来说一种不同的铣削钛金属的方法，这种方法将更高的转速和进给速率与

企业习惯使用的切削深度结合了起来。Gombar 先生说，这种方法将在新部件编号投入生产时应用。同时，这种加工方法已经在其他作业当中得到了运用。

G&G 的员工 Daniel Dimonda 描述了一个例子。在一台小型立式机加工中心上加工钛金属部件的工艺最终进行了重新设计，其目的是利用这种高进给速率、浅深度的技巧。减少跨距可让切削速度从 100 sfm 增加到 350 sfm，而且进给速率也以同样比例增加。缩短了加工周期。Gombar 先生将这种工艺的改进视作意外的附加效益，这种效益让他对新型加工中心的价值更有自信了。提升采用更高价值的设置给这家企业同时带来了机遇和推动力，让他们得以改善已经形成的加工技巧。这项改善工作带来了有价值的进步，这种价值不仅体现在这台机床上，而且体现在企业内的其他加工中心上。即使在新机床上的满负荷生产还未开始之前，从这台机床上获得的经验已经提升了这家企业的绩效水平。

生产率

G&G 所购买的另一台新机床是一台 8 轴车削中心，拥有两个对立设置的主轴和两个全套转塔。这台机床在表面上与一台 CNC Swiss 型车床类似，尽管没有配备滑动式主轴箱。这台机床将用于生产三个部件系列，共计 36 个部件编号，这些部件全部是用于脊柱融合术的植入部件，而且全部采用 PEEK 材料加工而成。尽管这些部件当中并没有要求进行车削的部件，但 Gombar 先生认为多任务车削中心才是正确的解决方案，其原因不仅限于圆度。这些细小并精细的部件要求在两个面以及整个周长上进行加工。在这台机床上用棒料加工制造这些部件可让这家企业能够通过

单次夹装就完成加工，尽量减少失误。事实上，将一条 PEEK 棒材送入此机床将使得这些部件可以用周期长但无人执守的加工循环整批加工出来。这些部件目前并没有进入满负荷生产，但当投入满负荷生产时，车削中心将成为 G&G 生产率最高的机床。

Gombar 先生说，他现在已经完全熟悉这台机床了，因为他最近花费了比预想多得多的时间快速和彻底了解这台机床。当客户要求制造原型部件时，他们还不能将已有的 CAM 软件应用到这台机床上的后处理程序。因此，他最后手工编写了这台机床的程序。他说，也许这种方式反而是最好的方法。多亏了这项编程工作所提出的挑战，他现在非常充分地了解了这台机床的能力。他认为自己还编出了一个比 CAM 软件更适用于本企业的程序。通过单个程序，以依赖于变量的方式，覆盖了所有 36 个部件编号，针对不同的部件设计方案改变了机床的运动方式。这样就较为容易针

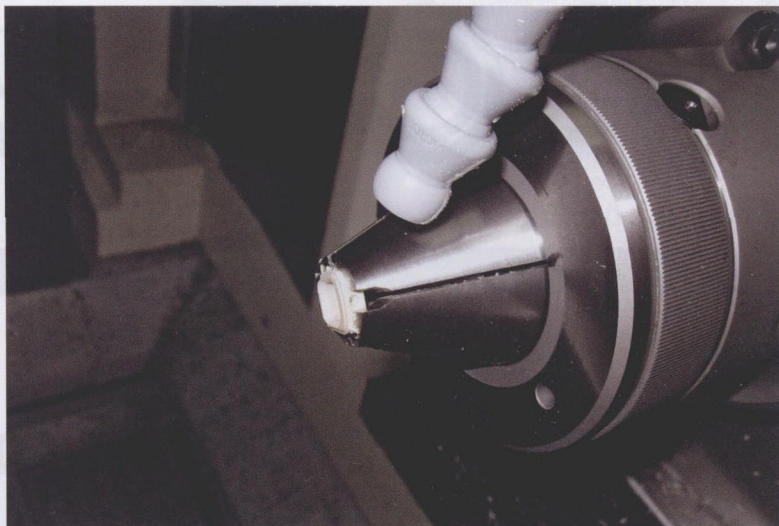


图 4 这些生产部件非常之小，需要定制夹头才能接近到所有的加工表面

对整套部件修改程序，并在未来给这些产品系列增加新部件。

他还发现了一些能够高效利用这台机床的方式。这台车削中心在配置上采用了由一个转塔加工位于第一根主轴上的部件，由另一个转塔加工位于第二根主轴上的部件，Gombar 先生怀疑 CAM 软件也会以这种方式对加工周期进行编程。在需要对部件的两个面上使用一个锯齿状刀具时，Gombar 的程序是：当这个部件仍然位于第一个主轴上时就由第二个转塔使用这个刀具铣削这个部件。他说，这种练习更熟悉机床能力的方式还有助于他更好地认识到机床的潜力。这台 3+2 式机床，代表着相当强的满负荷生产高价值部件的能力。他说，自己的企业希望通过具备这种能力引发其他改变，也就是能够影响所有作业执行方式的遍及整个企业的改变。

获得认证

这些改变之一就是使用切割工具的规则。G&G 的主要传统业务一直是加工制造原型部件。这使该公司在使用刀具方面缺乏结构和一致性。一次性的加工任务通常需要很急交付，而企业只需选用自认为适用的刀具就足以满足需要了，并

且在切削参数上也采取类似的猜测方式。但是，为这款新的钛金属部件寻找最优刀具和参数的过程，具有非常好的揭示性意义。Gombar 先生要求他的员工将刀具选项减少到可以放在一个标准清单内，并要求这个清单能够适用于该公司惯常执行的所有作业。确立这个标准清单让他们开始针对这些刀具的每一种型号建立起最优参数。这项知识将随着生产性工作占据这家企业生产能力的更大份额时展现出特别宝贵的价值。

G&G 还在追求 ISO 认证。这两位所有人表示，G&G 一直在努力成功地为复杂部件制造原型，但总是错失了生产性任务的赢取。而缺乏 ISO 认证就是一个经常被提到的原因。而该公司在原型制造上的成功实际上也是这个问题的组成部分。一直以来，在原型制作成功的基础上所赢得的生产性任务已经足以让他们不停忙碌。在这些个案当中，客户对于原型产品的印象都十分之深刻，以致于他们都忽视了 G&G 不能满足他们对制造的所有要求，其中一项就是认证。Gombar 先生说，他们符合 ISO 标准，但没有认证，而通常符合标准就足以承接业务了，G&G 将彻底弥补这个缺陷。MM

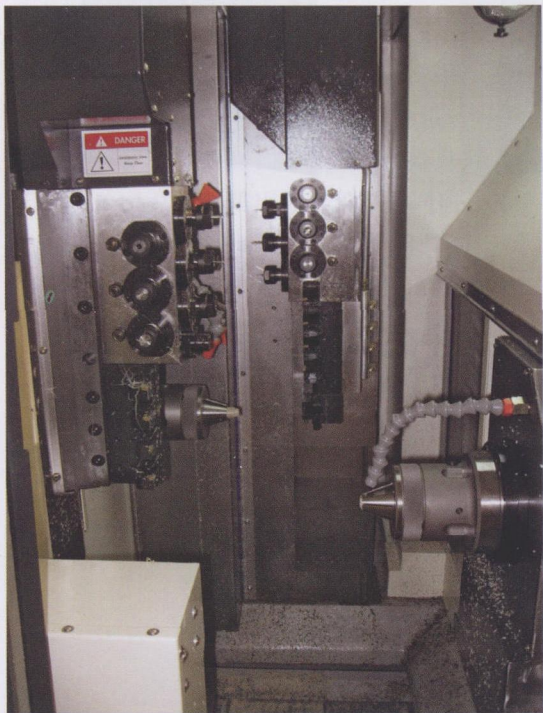


图 3 这台车削中心配备了两个对立布置的主轴和两个全套转塔