DMLS

无需组装的自由运动式组件

一家医疗设备制造商由于具有应用直接金属激光烧结技术（DMLS）制造整体自由运动式组件的能力，生产出了一种无需组装的由 13 个零件组成的软关节管路。

文 | Peter Zelinski

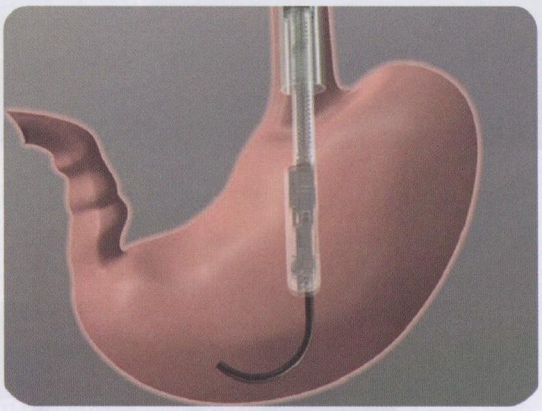


图 2 这种软关节组件将允许一个医生在胃内控制操作，而无需做胃部切口手术

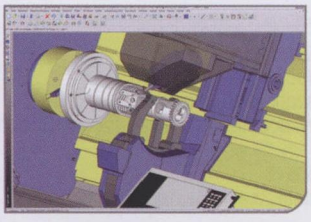
目前，正在开发一种医疗设备重要组件，它是一条弯曲的蛇形不锈钢软关节管路（图 1）。这段触角式的管路需要有足够的力度和控制能力运动，以精确地在人体组织内操纵。实践证明，组装这个小巧玲珑的复杂运动组件具有很大的挑战性，不仅耗费时间，而且本身又很昂贵。所以制造者希望可以在无需组装的条件下将其制造出来。

过去制造商们都考虑采用周期制造法生产整个组件，而不是多个运动件集中组装的形式。然而，现在一个擅长于添加法生产的专业公司已经完全实现了制造这一装置的可能性，他们就是采用直接金属激光烧结机（DMLS），成功地“印制出”一段既能自由运动又非常完整的软关节管路。这一成果对终端产品和致力于创新的医疗技术公司而言，都具有十分重要的意义。

BaroSense 公司（位于美国加利福尼亚州）所开发的这一设备，是一种对胃部外科手术具有影响力的内窥镜替代产品。此设备的使用前景是：医生将能够通过患者的口腔和食道，接近胃部，避免外科手术，以免造成创伤（图 2）。如果让小巧玲珑的精密软关节管路成为该设备的主要组件，又不需要由很小的零件组装而成，那么该设备的最终价格，可以大幅度降低。

可以肯定地说，除了成本之外，其他因素也将影响其生产决策。现在，有一个早期版本的这类设备在人体中试用，几乎可以肯定，通过这些试验，这一设备中的至少一部分组件将要重新设计。不管选用哪种生产方法，BaroSense 都必将验证其生产工艺的稳定性、可控性和可靠性，以便使该设备在使用中与人体的需求相适应。为了满足这些要求，需要采用数控加工和手工装配相结合的方式，因为这种组合方式在医疗器械制造业中的应用已有着悠久的历史。如果 BaroSense 公司选用 DMLS 技术，

图 1 这种可运动的软关节组件曾经采用手工组装，图中所示的软关节组件是通过添加法生产制造完成的



◆ **强大：**从非常基本的加工到先进的复合加工，TopSolid可以驱动你所有的数控铣床、车床及复合加工中心；

◆ **安全：**完美的带完整机床环境的加工模拟，确保不会碰撞机床；

◆ **简便：**自动基于加工特征的刀路计算，友好的用户界面，让你轻松使用；

◆ **高效：**优化刀路，保证更快的加工；支持64位系统，多核处理器计算3D及5轴加工刀路，确保运算高效；

◆ **集成：**一体化的三维建模及二维工程图，可直接导入并修改CATIA V4/V5、ProE、UG/NX、SolidWorks、Step、IGES、DWG/DXF等格式文件。

法国Missler软件中国办事处：
上海市黄浦区保屯路379号法国罗阿大区馆3楼
电话：021-63152062　E-mail：china@topsolid.com
传真：021-64335061　www.topsolid.com.cn

欢迎莅临 CIMT2013
展位号：W3-701

MASTER YOUR MANUFACTURING PROCESS

▲反馈服务编码M3901

图 3 机加工所面临的挑战之一是打毛刺工艺。采用添加法生产的每一个链接环，无需去毛刺

那么它必须向潜在的用户证明，这种替代生产方法是足以值得人们信赖的。

不要告诉老板

Brett Swope 先生是 BaroSense 公司的工程经理。他说，在开展 DMLS 技术的调研时，首先“不要告诉你的老板”。

至少，不要告诉他是如何开始的。完整而关键的运动组件采用添加法生产，像这样一种奇怪而遥不可及的设想，似乎不值得投入宝贵的时间，去进行讨论和探索。于是，产生了一个鸡生蛋还是蛋生鸡的问题：在该团队可以确定 DMLS 技术是否能够有效工作之前，他们必须从本质上证明 DMLS 是行之有效的技术。

Swope 先生向 Morris 医疗公司发送了一套软关节管路的数字化模型。Morris 公司生产一种由 17-4 号不锈钢制成的初级版本的软关节组件，采用来自 EOS 公司的直接金属激光烧结机制造。这种可自由运动的印制组件，足以让 Swope 先生拿着样品呈送给他的老板。

不过，这个采用添加法生产的第一个组件并没有取得圆满的成功。这个组件需要进一步改进，因为其运动性能还不够平滑顺畅。而 BaroSense 公司愿意进一步扩大添加法生产规模。

加工和组装

如何制造软关节组件，从一开始就被认为其是设计内窥镜装置所面临的主要挑战之一。这种小型软关节组件通常使

用的制造方法是：采用冲压链接件，并通过铆接方法将它们链接在一起；或采用激光切割，将一根管子切割成一系列的链接环，通过金属螺纹结构将其连接在一起。然而，由于施加于该组件的力度可达到约 80 lb（1 lb=0.454 kg），所以采用这两种方法都不合适。为此，BaroSense 公司开发了一种新的工艺，即通过加工中心的两次调试设置，加工各个链接环，接着用手工方式将链接环组装在一起。

这一工艺非常有效，采用该工艺生产的软关节组件，完全满足该公司的设计和性能要求。事实上，这一采用机加工组装生产的组件，目前正应用在人体试验中。

然而，这种生产方法的成本也非常之高。每套设备使用两个不同的软关节组件，其中一个组件由 13 个链接环组成，而另一个则由 7 个链接环组成，因而单是其加工时间就相当可观。加工后，这 20 个链接环中的每一个都需要打毛刺、检验、抛光和进行热处理。最后组装，每个组件的组装需要 1~2 h，包括焊接工序。Swope 先生说，该设备和相关的劳务费，以及所有生产工序的整个生产成本很高，足以影响本机的价格。所以如果采用 DMLS 技术，BaroSense 公司估计，该软关节组件的制造成本将可以降低 80%。

直接金属激光烧结机的设计

Chuck Hansford 先生是 Morris 公司的副总裁。他说，像 BaroSense 公司那样的一个运动组件，可以采用 DMLS 技术生产，并可成为一种按钮式的生产工艺，但它并非是以那种方式开始的。为实现 BaroSense 公司的软关节组件添加法生产工艺，他们采用了两个层次的工程设计方案（图 4）。

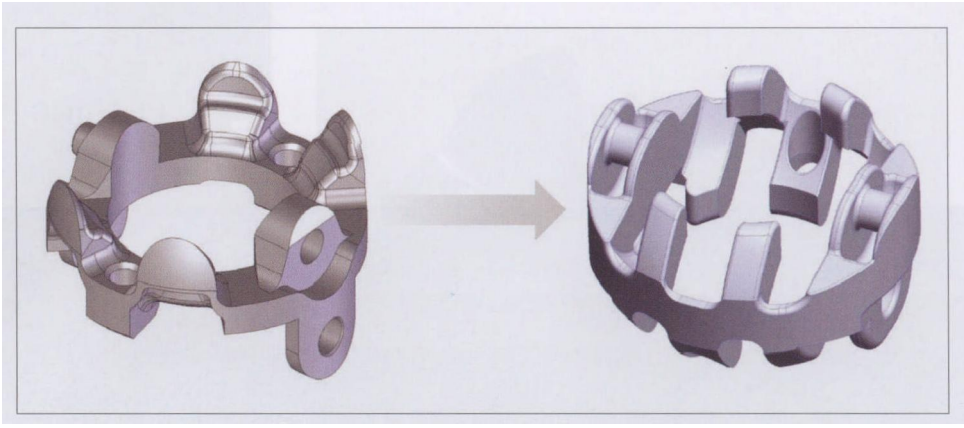


图 4 该组件经过重新设计后可以更好地利用添加法生产工艺。新的设计采用不可分割的整体关节，但它只能用添加法创建

第一个层次是 DMLS 工艺的设计，这将保证软关节组件能够平滑顺畅地运动。当该组件需要以较小的摩擦力沿着其既定的弯曲方向运动时，它还需要以一定的刚性阻力，防止向其他方向运动。在 DMLS 的分层构件过程中，该组件的导向方式以及在这一过程中的支撑方式和金属位置决定了其是否能够按照既定的方向运动。

另一个工程设计的层次是：利用头脑中掌握的 DMLS 技术，重新设计产品。为机加工而设计的链接环生产形状，对添加工艺的力量不会产生任何作用。因此，Morris 公司特别为添加生产，重新设计了两个潜在的软关节组件的设计图——其中一个比机加工和组装件具有更大的刚性，而另一个则具有更大的运动范围。这两种重新设计的组件，使用链接式几何图形，但只能采用添加法制造，因为这两种不可分割的关节都是一起“成长”起来的，而不是在后来拼凑而成的。

随之而来的验收

BaroSense 公司最终使用的 DMLS 技术，带有不确定因素，Swope 先生说。这种生产方法的工作效果很好，可以节省成本，但其自动化程度不够。该产品是一种医疗设备，所以它也需要业界的认可。

DMLS 技术的一个缺点是，它的生产精度仍然不如机加工件那么高。但这并不影响软关节组件的性能，因为其精度足以满足这一组件所需的要求。然而，不足的精度却足以影响其外观。与机加工和组装的软关节组件相比较，采用添加法生产的组件，从外观上来看比较粗糙。

但是 Swope 先生说，这种情况不会有任何影响。因为在最终的装置中，软关节组件将密封于橡胶之中。不过，BaroSense 公司是否成功的因素有一部分仍然是医生们对该产品的信心。虽然大部分依赖于具体分析，但必然也包含某种情感因素。

Swope 先生希望添加法生产能够得到批准，并应用于此设备生产之中，即使不是这样，他说，从更广泛的意义上来说，添加法生产也已经获得了胜利。显然，添加法生产为 BaroSense 公司这种复杂组件的制造，提供了一个比较简单而又不太昂贵的方法。因此，像 DMLS 这样的工艺技术将会继续找到新的用途。MM