

用CT-scanners对小零件进行几何检测

关于Bolton Works

BoltonWorks, 来自Vernon, CT, 美国, 专门从事CT-scanners在度量 and 检测方面的研究。

MarkBliek, 创始人, 联系方式: mark.bliek@boltonworks.com

关于Pneutronics

Pneutronics, Parker Hannifin公司的子公司, 位于Hollis, NH, 美国。工程制造微型螺旋管电子阀, 微型隔膜气泵, 并为流体学应用提供系统解决方案。Pneutronics的阀生产线包括: 一种孔径从.003至.250的微型数字、比例、多媒质螺旋管阀, 可应用于一系列医疗技术和分析器具上。

小型注模零件和总成的检测和功能分析需要全新的思路。当今, 非传统软硬件的独特组合, 对小的复杂的几何形体的三维检测产生了更好的更易于理解的结果。这篇文章讲述了Bolton Works怎样使用PolyWorks软件对扫描的零件和CAD模型进行虚拟装配, 使专家能在开发先期处理设计和生产中产生的问题。通过ParkerHannifin的子公司Pneutronics检测微型阀泵的案例, 这篇文章也解释了CT-scanners怎样用于有效测量小特征以及执行多种诸如形位公差的质量控制任务。

当前技术的局限性

随着好的设计工具和材料的出现, 工程师们开始探索怎样将多种技能集成到注模部件的生产中。这样, 总体成本、装配时间和装配件的可靠性都可以得到改进。

很不幸, 像卡尺、计量器或CMM(坐标测量机)等“接触式”测量工具在测量特征尺寸小于1mm的小零件(<25mm)时效率很低。以下列出了几个原因:

- 机械式接触探头, 由于具有惯性, 限制了操作速度, 从而限制了采样点的数量。
- 注模时使用滑块和填充物产生的几何体经常带有砍口, 简单装备的传统工具不能深入其中。
- 探头的尺寸限制了可被测量的特征的尺寸。
- CMM必须像CNC机床那样经过编程才能使探头到达所要的区域而避免接触到零件夹持物。
- 计量器, 光学式比较仪, 显微镜等, 都以2维方式工作。这些器具都工作在平面部分, 不能提供测量的特征相对于其他3D空间特征的信息, 当需要使用基准时就显现出很大的缺陷。

利用CT-scanners

Pneutronics, Parker

Hannifin公司的子公司, 位于Hollis, NH, 美国。工程制造微型螺旋管电子阀, 微型隔膜气泵, 并为流体学应用提供系统解决方案。Pneutronics的阀生产线包括: 一种孔径从.003

至.250的微型数字、比例、多媒质螺旋管阀, 可应用于一系列医疗技术和分析器具上。

2003年, Pneutronics预寻求一项技术, 可以在非破坏性方式下分析一种阀体。该产品, XValve®是一种两位三通的微型气阀(24mm x 8mm x 9mm), 其组成是一个玻璃填充聚合物的阀体壳, 不锈钢内核, 不锈钢激励, 带弹性密封圈的活塞和一个螺旋管(图1)。



图1: X-Valve总成

寻找一个能同时精确测量塑料和硅橡胶零件的解决方案是一项决定于技术水平的重大要求。Pneutronics的开发工程师Drew Brenner为获得度量过程的完整“数字”报告，在求助Bolton Works和它的CT-scanning服务前调查了多种方案。

CT-scanners（计算机X线断层摄影术）用于工业和医学界，来获取被检测物体的内部和外部信息。CT-scanners由X射线源，支撑平台和一个探测器组成。CT-scanner测量X射线穿过物体时的衰减度，产生完整的3D数据。这类数字化模型包含数量达几百万个点的高密度点云。（关于CT-scanners的更多信息见附录A）

为处理如此大量的信息，BoltonWorks转而求助于PolyWorks，InnovMetric公司的点云处理软件解决方案。在汽车和航空业有着多年点云处理经验的PolyWorks，被证实是能高效处理CT-scanner产生的大点云的最强大的软件包。

检测过程

1) 零件数字化

为了处理X-Valve总成中的多种材料，Bolton Works一开始单独扫描了（蓝色）塑料壳体，产生了由1500个点云图像组成的数据，各个图像间间距20 μm 。该点云数据文件大小为1.8G。这些点云图像形成的3D点云模型由大约6百万个数据点组成。（图2-3）



图2：点云图像数据

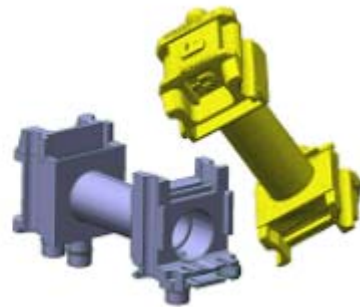


图3：CAD和扫描数据

优势

- ✓ 采集如此多数据点的益处是重大的，尤其同传统测量技术比较而言。
- ✓ Pneutronics仅用一台CT-scan就获取了研究阀体所需的所有数据，减少了花费在新测量项目的额外扫描工作上的时间。
- ✓ 最重要的是，大量的数据点极大地改进了模型的精度和细节处，从而获取了精确的设计数据和完整的产品分析。

“通过CT-scan技术和PolyWorks软件的组合，Pneutronics减少了其产品开发时间，获得了阀的重要输入数据。同传统检测方式比较，由于能分析更精确的数据而精简了测试过程。”

Drew Brenner, Pneutronics的开发工程师

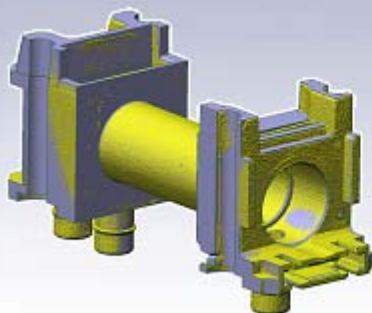


图4: 对齐的CAD和扫描数

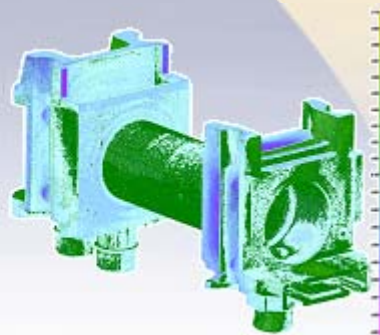


图5: 偏差彩虹图

2) 同CAD比较

扫描并产生了3D模型后，用“best fit”方式将点云数据同3D CAD模型对齐（图4）。软件将点云上每个点同CAD表面比较，记录偏差并以彩虹图的形式显示（图5）。彩虹图直接地提供给Pneutronics关于实物和3D CAD设计零件之间的偏差信息。

3) 形位公差

PolyWorks软件允许Pneutronics测量形位公差（GD&T），并对装配总定义了基于基准的参考坐标系，有效地开发了一种机械制图标准（图6）。它利用3D CAD模型自动从点云中抽取基本几何体，例如平面，圆柱，圆锥等。为了定义气阀的基准平面，软件识别了3D CAD模型中的平面。PolyWorks通过利用同这一CAD特征相距0.25mm的点，从点云中抽取了相应的平面。它进一步排除了部分点，这些点的法向偏离了表面法向20度公差带范围。通过这种过滤措施，从百万个扫描到的点当中构建了一个正确的基准。初始的best fit对齐仅使点云数据同CAD靠的足够近以便软件能辨识形成基准和其他特征的点资料（图7）。制图纸显示了被抽取的基准，圆柱，平面等之间的关系。规定了最大/最小材料条件下的公差。这些关系被输入到PolyWorks检测模块。这是很关键的，因为如果制图纸规定了某一圆柱应该按基准A、B和C定位，那么软件就该相应的虚拟对齐点云。抽取了希望的特征并按制图纸上定义的进行了比较后，信息导出到Excel用于文档编辑。

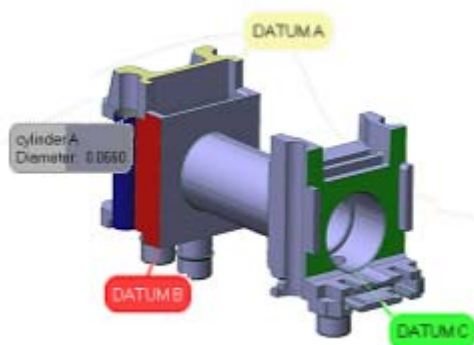


图6: 基准和3D



图7: 基准，特征和尺寸抽取

4) 虚拟装配

Pneutronics想加强X-valve的特定性能特征，需要精确的GD&T报告来表征关键尺寸的当前状态。Brenner决定评估不锈钢和带有塑料壳体的橡胶零件之间的相互作用

阀体总成由不同材料的零部件组成，包括塑料、橡胶、不锈钢和铜线。各种材料的密度不同，意味着对每个零件CT scan不得不采用不同的能量级。将不同的材料分拆开单独扫描，并试图重新组合成精确的模型是不可行的。所以决定用另一种方式进行虚拟装配。

圆柱形的不锈钢部件是用传统的工具，如比较仪和卡尺等测量的。当确认了零件的这些尺寸都在公差范围内，就可以用不锈钢圆柱和橡胶阀的CAD模型在PolyWorks中进行虚拟装配，并在3D空间内将扫描的壳体数模覆盖其上。图8显示了3D圆柱(来自CAD模型)同扫描的塑料壳体之间的装配关系。图9显示了橡胶阀同塑料壳体阀座之间的位置关系(绿色代表拟合处于公差范围内)。虚拟装配从几何尺寸上验证了设计，并确认阀体各部件间间隙足够近。验证了设计之后，研究的焦点就转向了装配过程

带有高电压的CT scanner用来单独可视化金属零件。扫描数据揭示(图10)，当激励器压入壳体后，它可以移出对齐位置。因此需要修改装配过程。

几何检测和虚拟装配从器械角度了解了零件间的相互关系，使Pneutronics集中精力于装配过程来加强阀体质量，而非设计过程。

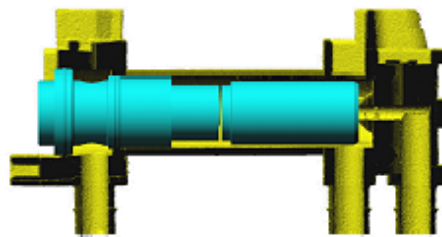


图8: 来自于CAD的3D圆柱同扫描的塑料壳体间的拟合

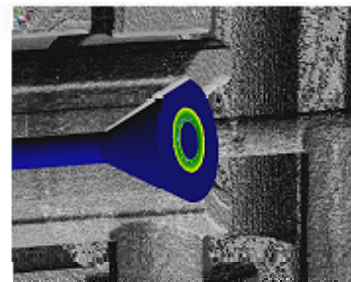


图9: CAD和扫描数据间的虚拟装配。圆柱同塑料壳体完美的拟合在一起。

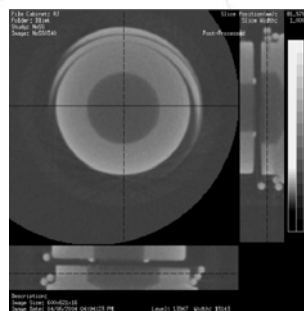


图10: 总成的CT扫描，仅金属部件可见，显示圆柱并没有完美的对齐。



“我比较了众多解决方案，发现Bolton Works的能力是独一无二的，我也喜欢PolyWorks软件生成报告的功能，该功能非常强大。”

Drew Brenner, Pneutronics 的开发工程师

自动化和报告

PolyWorks提供了强大的脚本语言使专业人士自动化整个检测任务。所有之前在此文章中讨论的工作都可以自动化，并通过一键式鼠标完成。仅需导入下个点云数据并将结果输出到Excel页或上传至HTML格式的网络服务器。这种自动化水平对检测多孔工具极其有用。Bolton Works从2003年就开始用PolyWorks对来自CT-scan的数据自动生成检测报告。

结论

正如Pneutronics案例结果显示，CT scanning对微型阀执行可行的检测过程，是一种有成本效益的方式。使用传统的“接触式”测量工具相当困难。在Pneutronics，CT-scanner同恰当软件的组合应用建立了完整的数字化检测过程，且适用于生产过程的不同阶段（设计，样机，生产和装配）。通过全局分析，GD&T测量和虚拟装配，这种检测方式在认证零部件时非常高效。基于各种理由，PolyWorks是处理CT-scanner数据的最适合的工具：

- PolyWorks 有效地处理由CT-scanner产生地大数据（2GB）。
- PolyWorks通过data-to-CAD的比较，提供了及时的全局分析。
- PolyWorks拥有独一无二的内嵌GD&T，用以验证零件符合ASME Y14.5M-1994标准。
- PolyWorks使用户可以将扫描数据同CAD模型进行“虚拟装配”。
- PolyWorks提供的强大的脚本语言来自动化检测过程。

CT scanners需要坚实的资本投入。Bolton Works将CT scanning作为一项服务，使之成为一项供应得起的技术，且基于点云和PolyWorks软件的帮助，客户可以在当地进行产品分析。

预获得此文章更详细的信息

Mark Blied, President,
Bolton Works, USA
Tel: 860-646-3948
mark.blied@bolton-works.com

Sacha Villeneuve, Marketing Coordinator,
InnovMetric Software, Canada
Tel: 418-688-2061
svilleneuve@innovmetric.com

附录A

CT-scanners（计算机X线断层摄影术）用于工业和医学界，来获取被检测物体的内部和外部信息。CT-scanners由X射线源，支撑平台和一个探测器组成。

利用医学CT-scanner（图11—图13），当病人被传送经过扫描台架时获取了系列影像，并产生3维的体数据。



图11: CT-scanner



图12: 2D图像数据

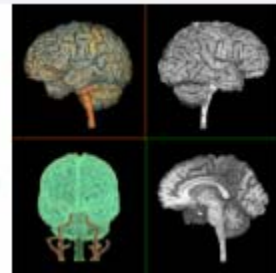


图13: 3D重新创建

在工业CT-scanner的应用中，实物以缓慢的速度旋转，X射线发射源和探测器是固定的（图14）。探测器检测X射线束通过物体后的衰减度。这样，每次旋转得到了多次测量。最终采集了成百的测量数据。一次完整的旋转后，测量数据用来重构断面的数字影像，每个象素代表了物体和周边环境的不同密度。完成一次旋转后，物体沿着旋转轴移动以便获取下一个断面数据。最后得到完整的3维体数据。

优点

- 零件的内部和外部数据都可以捕获。意味着数据中可以显现多孔性和不良的空洞。
- 扫描过程不需要多余的步骤，也不需要操作者在现场。
- 因为扫描数据会通过软件对齐，所以扫描中对夹持器具没有精度要求。夹持器具对于X射线应该是透明的，稳定的；否则夹持器具应尽量简单，如管子或带子状。
- 没必要对CTscanner编程。不同于CMM，必须对接触探头的行程进行编程，使它到达正确的区域而避免同部件和夹持物冲突。



图14: 工业CT-scanner

缺点

- CT scanners的成本从几十万到几百万美元不等
- 精度随着材料密度和物体尺寸而减小；所以没有“一个尺寸适合所有”的解决方案。
- 从X射线的衰减度测量到3D体数据的重构时间由计算机决定，将花费数个小时。

CT-Scanners的物理学原理

X射线通过电子轰击一个阳极产生。电子的动能转化成X射线和热量。阳极必须有足够的尺寸来散发热量。X线束的点尺寸随着X射线源的能量级别而增加。

依据待扫描物体的尺寸和材料，用来产生X射线的电压有很大的差别，这样才能有足够的能量穿透物体获取测量数据。大的金属物件，如发动机体，需要高于450kv的电压。对于较小的骨骼样件，电压可以低至30kv。使用电压的大小决定了为保护操作者对CT-scanner采用的屏蔽量。为了限制辐射对病人的暴露时间，医学扫描仪的扫描时间都在几秒以内。而工业扫描仪的扫描时间则需要几分钟甚至几小时。

低能量级别，X线束可以集中到几 μm ，人们称这种扫描仪为 $\mu\text{CTscanners}$ 。集中的线束尺寸同产生影像的精度有直接的关系。由 $\mu\text{CTscanners}$ 获取的可辨识的特征尺寸可以更小（图15）。由于 $\mu\text{CTscanners}$ 的高精度，影像数据可以轻而易举地超过1GB，同大的工业CTscanner获取的数据相当。

$\mu\text{CT-scanners}$ 的典型应用见诸于生物医学界，产生复杂结构的影像，例如骨骼样件和不同类型的纤维。大的工业CT-scanners主要用于探伤检测（即裂缝），逆向工程和度量（图14）。

图16显示了CT-scanners的特定型号范围，这个范围对于塑料注模零件的度量非常有效，有时可以说是唯一可胜任的。从对很小部件的试验来看，例如光纤接头，很显然，在当前的注模技术水平下，用CT-scanners进行测量是没有特征的最小尺寸限制的。



图15: $\mu\text{CT scanner}$

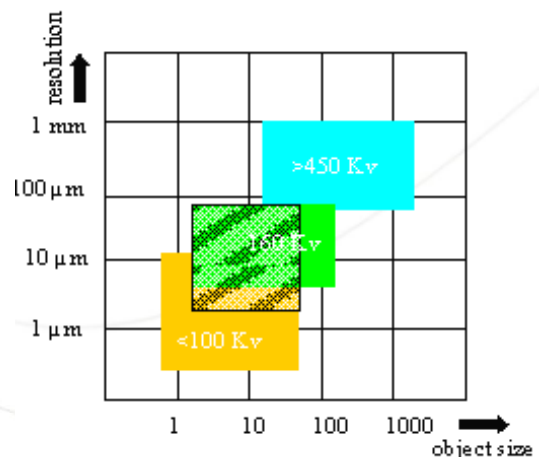


图16: 扫描注模零件的最优扫描仪型号