

从十六道加工步骤缩减至仅需四步

应对高难度铣削任务的精密 自动化解决方案



自动化：右上角是带双主轴的RXP 601 DSH Z2铣削中心；中间是机器人；左边是存放工件和刀具的物料库（照片：Klaus Vollrath）

顶级品质的产品必须凭借其独特的设计在竞争中脱颖而出。这对其相关的制造任务提出了相应的高要求。Lamy，一家中小型文具制造商，以其品质为傲，甚至时至今日，仍偶尔维修60年前售出的钢笔。当前系列笔壳模具的生产（以其独特的Lamy标识为标志）过去涉及采用不同技术的十六道加工步骤。通过与位于Soltau的机床制造商Röders紧密合作，开发出了一个能在24/7全天候运行中，仅用“文具市场庞大且竞争极其激烈，”海德堡C. Josef Lamy GmbH公司的工装制造主管Jörg Weber解释道。作为一家高质量文具的中型制造商，该公司一方面必须与低成本大规模生产商竞争，另一方面又要与奢侈品牌抗衡。除了质量，产品设计因此起着决定性作用。设计必须易于识别、独具特色，同时能让人第一眼就感受到高品质。因此，对用于制造钢笔等文具塑料部件的注塑模具的要求也相应很高。

笔壳上部（称为笔杆）上的“Lamy”标识区域尤其具有挑战性。此外，模具两半的完美契合以及模制容器的高光洁度表面（无任何阴影）也给模具制造商带来了巨大挑战。直到最近，这些模具的生产仍需要众多加工步骤，涉及铣削、模具电火花加工、抛光和测量等多种技术。而且，电火花加工以及手动磨削和抛光过程在几何精度方面无法得到安全可控的保证。

LamyLOGO带来的挑战

“过去，按照设计规范在容器上制作这个标识意味着工具制造部门需要付出巨大的努力，”Lamy工具制造车间团队负责人Viktor Schellenberg补充道。该LOGO嵌入在高光环境中，必须从基底材料的丝绒哑光凹槽中清晰地凸现出来。以前，所需的锋利边缘只能通过模具电火花加工来实现。

以前，所需的锋利边缘只能通过模具电火花加工来实现。然而，这种方法存在缺点：电极的磨损不允许足够的重复精度。此外，电火花加工过程造成的表面损伤需要大量的抛光工作，而这又损害了字体制的锐利边缘。

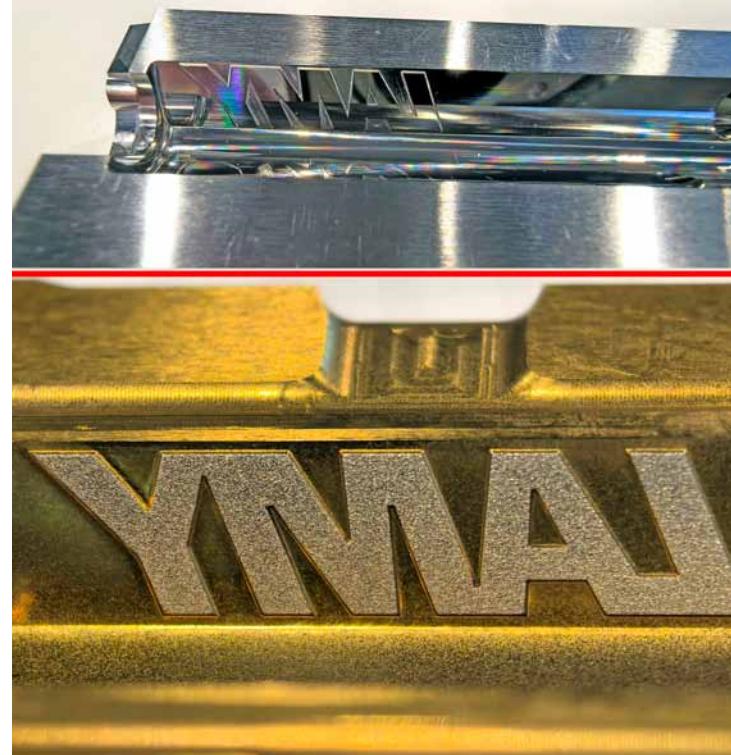


显然很满意：工装制造主管Jörg Weber和团队负责人Viktor Schellenberg在“他们的”加工单元工作区（照片：Klaus Vollrath）



醒目而独特：钢笔笔杆上的Lamy标识以及经过铣削、未涂层的模具零件（图片来源：罗德斯）

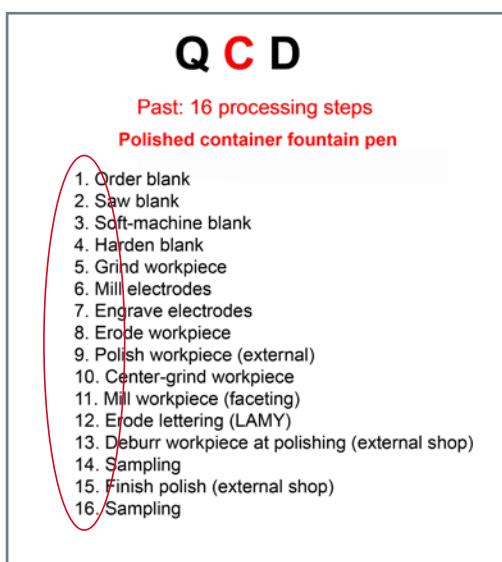
偶尔出现的更深的表面损伤（烧伤痕迹）是另一个问题，这些问题只有在抛光后才变得可见。由于坯料的大部分额外加工是通过在不同硬度状态下进行铣削完成的，因此工件必须在不同的生产设备之间多次重新夹紧、重新测量和重新对齐。这导致了相当大额外开销。先前，制造相关模具零件的整个工艺流程总共包含16个子步骤，并辅以必要的中间测量过程。另一个障碍是，外部抛光厂的服务导致总吞吐时间长达6-8个月，这在今天是难以置信的。更糟糕的是，有些故障仅在模具试模期间才变得明显，有时导致四腔模具中的一个甚至两个型腔无法使用。这迫使公司不得不持续保持额外的备用型腔库存。



如今，模具半模是从已淬硬的坯料（上图）铣削而成并经过短暂抛光。在通过短时间电火花加工对背景进行纹理化处理并施加TiN涂层后，它们即可准备进行试模（照片：Klaus Vollrath）

新理念：以铣代蚀

“因此，在2021年8月，我们邀请位于Soltau的机床制造商Röders与我们合作，共同为这个问题开发合适的解决方案，”J. Weber回忆道。其核心思想是用铣削替代LOGO部分的电火花蚀刻。同时，整个外表面将被加工至高表面质量，从而可以大幅减少抛光工作。这里的目的是在一台机器中，从而在一次装夹中，执行广泛的铣削操作——从外轮廓粗加工到近镜面微精加工。对于此类应用，Röders为其久经考验的精密加工中心开发了一种双主轴解决方案。这些机床的Z轴并排安装了两个主轴。除了坚固且精密的球轴承标准主轴（HSK40接口，42,000转/分钟）外，还配备了一个空气轴承高速高精度主轴（HSK25接口，60,000转/分钟）。



过去，用于局部工具的Lamy标识是使用电火花蚀刻加工的。此工艺链总共需要16个加工步骤（图形：C. Josef Lamy GmbH）



空气轴承主轴可见于标准HSC主轴的右侧（此处装有一个3D自动分中器且滑动盖打开）。其下方是第二个交换装置，带有自己的3D自动分中器和测量激光器（照片：Klaus Vollrath）



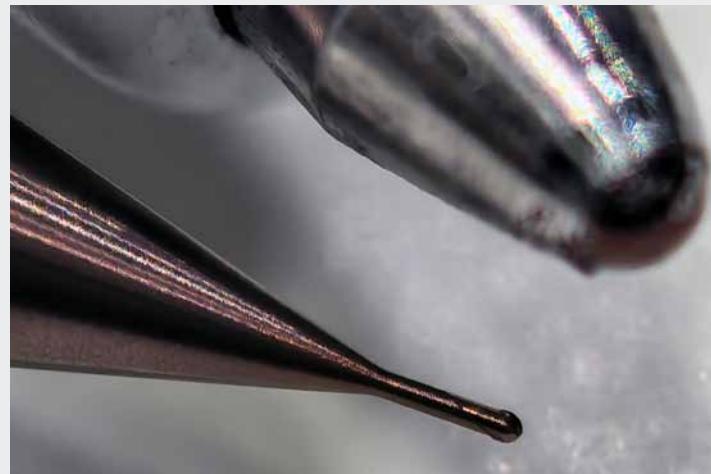
这些仅在一面经过磨平并带有螺纹固定孔的淬硬坯料，用四个螺钉固定在自己开发的工作载体上，从而实现有效的、无碰撞的五面加工（照片：Klaus Vollrath）。

该主轴运行特别平稳，这种布局允许在同一次装夹中执行额外的加工操作，使得使用直径小至0.1毫米的微铣刀成为可能。高主轴转速性能确保了足够的切削速度，并且得益于卓越的运行平稳性，还能实现低于Ra 10纳米的最佳表面质量。附加主轴还包括其自身用于刀具的自动交换、检测和清洁的双套装置。软件为操作员处理所有额外的管理任务。基于刀具数据，它会自动选择要装备的主轴，而另一个主轴则用盲盖封闭以防止污物污染。在加工过程中，控制系统会考虑到两个主轴间高精度已知的距离。

成功的工艺开发

"当然，Röders首先在其厂区技术中心使用相应的系统进行了概念验证，" V. Schellenberg报告说。他们在已淬硬的坯料上使用Moldino铣刀进行了广泛的铣削测试。这些测试在质量和精度以及加工性能和刀具寿命方面都取得了令人信服的结果。如今，Lamy工具制造车间在其新的五轴RXP601 DSH Z2加工中心上制造这些模具零件仅需四个生产步骤，而非过去的16个。所需的CAM程序是使用Hexagon的VSI软件从CAD数据生成的。

加工完全在已淬硬的坯料上进行。这些坯料首先在一次装夹中对五个面进行粗加工，然后进行半精加工和验收测量。只有高光区域随后会在外部使用抛光膏轻轻"擦拭"。这比最终的高光铣削更具成本效益，因为抛光成本显著低于相应的铣削成本。与过去相比，相关的成本节省现在达到了70%。最后，使用短时间的电火花蚀刻处理对标识的低洼背景区域进行纹理化处理。在施加TiN涂层后，部件即可准备进行试模。



与圆珠笔尖并列展示的，是这把来自Moldino的带CBN球头的微铣刀，其直径仅为0.1毫米，使用寿命为8-10小时（照片：Klaus Vollrath）

全自动化

"Röders系统还在同一次装夹中测量模具零件，" J. Weber说。他们使用3D自动分中器和RMS Inspect测量软件，将高精度测量结果与工件的CAD表面数据进行比较。因此，可以在机床上以5微米的精度确定整个工件的加工精度。在铣削系统证明了其能力之后，进行了盈利能力计算。计算表明，在单班制操作下，工厂的生产能力无法得到充分利用，而加工过程的自动化将在一年内收回成本。因此，在2023年实施了一套完整的自动化解决方案，包括机器人上料以及用于托盘化工件、刀具和夹具的物料库。



机械手装载刀具和工件（照片：Klaus Vollrath）

同样由Röders开发的RMSMain作业管理器负责处理CAM程序、刀具、工件和夹具的分配。在该单元的设计阶段，就已注意到通过将机器人安装在直线导轨上，为未来通过增加设备进行扩展做好了准备。

对系统性能、培训和服务满意

"从那时起，这个制造单元的生产就每天24小时、每年365天运行——除了维护和清洁工作，" V. Schellenberg高兴地说。自那时起，已制造了超过1,400个模具单元。废品率接近于零。迄今为止，没有发生过重大故障。备件根据需要按时交付，并且已接到通知的服务代表会在第二天就出现。

起初，对于员工的接受度存在一些担忧，因为控制系统是由Röders开发的。然而，这些担忧很快消散了，因为首批由Röders培训的两名员工回来后，对其简单直观的操作印象深刻。自那以后，他们内部培训了另外三到四名同事，因此现在有足够的操作员可以轮班工作。原则上，任何熟悉Windows系统的人都可以操作作业管理系统。"多亏了Röders的这项开发，我们现在拥有了一个快速、节省成本且可靠的流程，取代了以前'零敲碎打'的方式，" J. Weber总结道，他已经在考虑进一步扩展该生产单元。

Klaus Vollrath b2dcomm.ch

