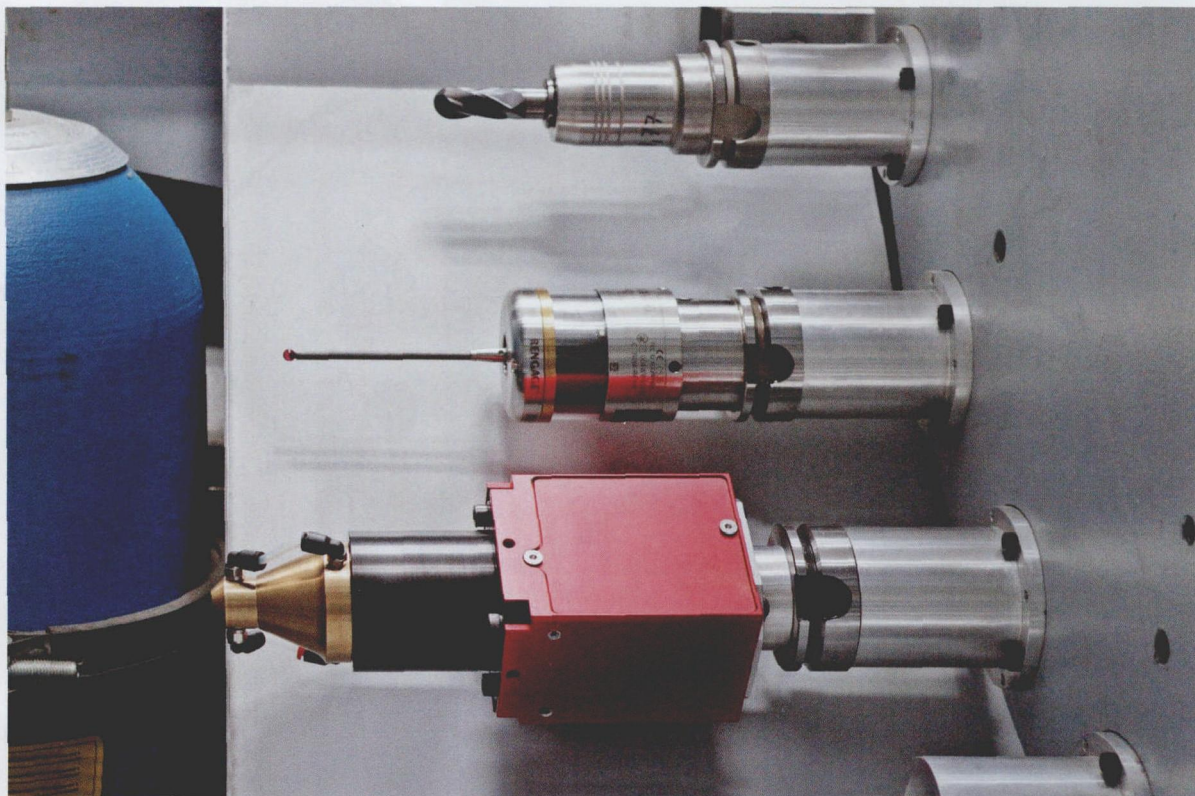


图1 HSTM 机床的刀具更换装置一瞥：上方是一个标准的铣刀，中间是一个测量装置，而下方是带有一个红色基础的激光焊接单元



复合机床

使用多功能复合机床可节省加工成本

复合机床开辟了生产制造的新精彩。这里介绍的复合机床是一个激光焊接单元带有工具更换装置，可换入和换出激光焊工具。该复合机床除了可以进行去除余量的加工作业外，还能附带涂敷堆焊焊药，这样便可以修理结构件或是有针对性的进行工件加固。

文 | ALEXANDER PIELER

复合机床除了可以以去除余量方法进行作业外，还能以材料涂敷加工法进行作业，这对于切削刀具机床的生产厂家来说是一个全新的领域。无论如何，这种去除余量和材料涂敷复合加工

的方法对那些贵重的和高值的结构件来说，存在着使人们感兴趣的应用可能性。因为，这样可以省去不必要的生产方法步骤，由此杜绝换装加工工件的误差错误和避免形成自动化系统有漏洞的

生产工序文件。

新工件使用这样的复合加工作业方法的决定性优点是，可在最狭小的生产加工空间进行不同作业方法的加工作业。该机床生产厂家首次成功实现了将激光

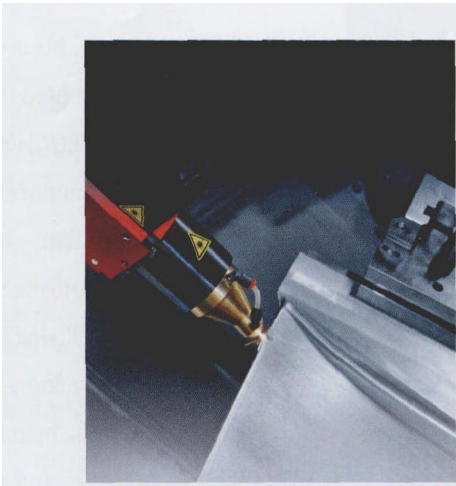


图2 铣加工心轴要么用于张紧工件的加工，要么用作焊接单元的支架。图中所示是所使用的焊接头正在一个航空工业工件旁进行焊接作业

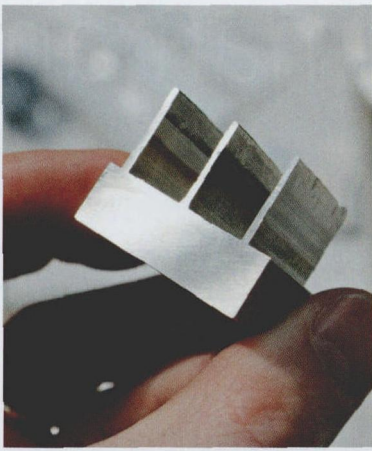


图3 所有可焊接的材料从技术层面来看均是可涂敷的。图中所示是焊接的一个结构件

焊单元缩小至能够借助于刀具更换装置换入和换出激光焊工具。HSTM 机床的刀具更换装置（图1），上方是一个普通铣刀，中间是一个测量按钮，而下方是带有一个红色基础的激光焊接单元。

结构紧凑，减少危险

多功能复合机床的全部3个单元通过 HSK 63 标准接口在机床的铣加工心轴里进行更换，这样，铣加工心轴既可以用于张紧工件的加工作业，又能够作为焊接单元的支持器使用。由于结构体积小，因此产生了这样的系统，该系统可毫无问题的安装在标准的铣床上（图2）。

该多功能复合机床结构紧凑，减少了发生冲突的危险，且具有通用性。通过该焊接机头来输送激光束、焊剂和保护气体。从工艺上来说，所有可焊接的材料均可涂敷。通过非常有针对性的加热，加工工件的变形可保持在很小的程度。材料试验表明，该工件的激光焊接质量符合航天工业的严格标准（图3）。

该多功能复合机床的加工方法的一个优点是，5轴铣床的精度高，动作轴还用于焊接工序。这样，

工件焊接轮廓的精度小于0.2 mm。另外，使用该机床加工工件，工件在机床里不绷紧，而只是更换刀具，其可通过标准的 HSK 63 接口来实现。该接口能够确保重复精度密度保持在2 μm的范围内。这样，每个刀具就都能够准确定位。

通常，张紧工件总是不可避免的要出现张紧误差。这样，工件加工的误差便会比较大，特别是工件表面存在着加工制造允许公差。此外，使用多功能复合机床进行工件加工，能够缩短工件的加工时间。在加工工件时，因为一个工件在一台多功能复合机床里便可完成整个加工作业，所以能够省去具体加工作业机床的停机时间。这便在生产中实现了精益方案，并避免了加工工件的中间堆置。

飞机驱动器的涡轮叶片是一个必须进行修理的非常高值的结构件。该结构件必须在规定的周期内进行修理或更新。因为该结构件价值高，是由贵重的材料制成的，因此值得进行准时的修理；涡轮叶片的磨损通常是出现在该结构件的固定位置上，例如出现在涡轮叶片的前缘。典型的修理工序链由检验、分离受损部位、堆焊修理以及铣加工/抛光处理。

现在，这些修理工序链中的许多加工作业通常还是由修理人员手工完成。这就要求修理人员具有经验和专业知识。

自动化修理需要适配的修理工序链

因为每个工件的损伤情况均不同。同时，可供使用的维修能力也是有限的。因此，要求自动化的维修要有一个适配的修理工序链。这就意味着，修理的步骤和参数必须与每个具体的修理任务相适配。那么，如何才能最佳使用多功能复合机床进行每个工件的修理作业呢？

这样做的基础是，所有的修理作业在一台多功能复合机床上完成。当受到损伤的涡轮叶片固定在机床的 HSTM 接口里后，便可检测该结构件。可用触感传感器进行检验，也可用光学测量传感器进行检测，并且既可检测整个结构件，也可只检测结构件的单个部位。检测的数据通过机床自动传递给适配的 CAM 系统。进而对该工件原件的几何尺寸与布置在机床里的所测量的实际工件的几何尺寸实际值加以比较。根据这些具体的信息，适配软件再生成接下来加工步骤的调整后的 NC（数字控制）程序。

作为修理作业的第一步，对工件受损伤的部位进行铣加工，以生成一个适合激光堆焊加工的好的工件表面。在这个表面上，用换上的激光单元进行涂敷的焊粉堆焊加工。在修理加工中，铣床的整个标准的 CNC 均用得上。根据所测量出的数据，生成铣加工作业程序。这样，修理后的涡轮叶片几何尺寸便符合要求。不仅如此，多功能复合机床还可以通过标准的工具接口换上抛光工具，



图4 修理涡轮叶片的图解式加工工序

然后再进行抛光处理（图4）。

整个工件修理周期 平均缩短了 17%

仅仅是通过减少修理工件每个修理作业之间的机床停机时间，整个工件修理周期便平均缩短 17%。这样，正好能够确保航空工业急需的结构件维修工序的可重复性。迄今为止很多工件加工工序的步骤都是手工实施的，所以，经常因为工件加工工序的可重复性差，而导致出现工件加工质量不稳定、废品率高。此外，加工后的工件需要进行的再加工成本很高，导致工件的维修加工的总成本升高。现在，人们可以使用 HSTM 复合机床进行此类工件的维修加工。

通过在机床里可换入激光堆焊工具，现在 HSTM 复合机床可在所有的加工领域使用激光技术。此外，还可以有目的的加固结构件，这就意味着，在工件磨损区可加涂上很薄的高值材料，以加固结构件。我们思考一下，变速器里的齿轮也是经常会出现类似的磨损。

使用复合机床可以做到，对承受很高负荷的工件部位有针对性的加涂上其他材料，从而大大加大这些工件的抗负荷能力。在对工件加涂其他材料时，这些工件不需要离开机床，也不需要引入其他加工工序。HSTM 复合铣床的定位精确度高，且激光的可

控性好，可以有针对性的在工件上加涂磨损保护层。

在切削刀具机床上进行工件的材料加涂，对于切削刀具机床生产厂家来说绝对是一件新鲜事。到目前为止，切削刀具机床能够做到的是尽快将工件上的已有材料快速去除。这便导致一些结构件，如专用涡轮叶片，要切削掉其原材料的 70% 以上。这样会造成很高的消耗，同时导致成本升高。如果能够在工件上加涂某些元素，就能够避免消耗升高，成本增加。

需张紧的工件部分大小为 加涂材料部位面积的 3 倍

迄今为止，除了切削凸缘结构件外，还有可能是凸缘的部位通过堆焊方法实现增量加工制造。在此，人们看到，需张紧的工件部分大小几乎为加涂材料部位面积的 3 倍。很明确的一点是，采用这种加工方法具有很大的节省加工成本的潜力。特别是对于贵重材质的结构件和切削加工困难的结构件来说，这种加工方法能够大大减少加工成本。

堆焊加工的目的在于，加工制造的工件具有更好的技术性能。为此，也能够将工件的各种性能与材料结合起来。在这方面有个例子，在工件原有材料具有合适的结构性能的同时，所堆焊的材料具有合适的表面性能。这样，经过加工处理的后工件便大大改

善了工件的性能。堆焊材料和工件的原基本材料在这一层面上很好的结合在了一起。

将不同的材料协调一致

工件的基本材料和堆焊的材料之间的比例是加涂材料加工的一个重要环节。加工工序的一个核心技术诀窍是将不同的材料协调一致。现在，人们已经通过大量的试验，分析了各种材料结合的可能性。这样，便能够实现工件最佳质量的加工工序，以能够达到航空工业对工件的严格标准。两种材料结合的质量决定了工件加涂材料结合部位的特性；这也决定了加工后产品的最终性能。多功能复合机床的复合系统能够重造高值材料，从而延长工件的使用寿命，使之获得第二次生命，从而减少更换新工件的几率。这在降低成本方面、特别是降低高值结构件和复合结构件的成本方面具有重要的意义。

在使用复合机床进行工件加工时可通过将磨损的工件部位采用铣加工方式去除，然后借助于堆焊的方法重新加涂上材料，在此，无需在具体的加工工序完成之后进入下一加工工序之前将该工件从机床上取下。这是能够实现精密加工、可重复性加工和可对工件进行修理加工的前提保障。

复合机床这样成功的系统确保了工件整个加工生产工序链的各个步骤的最佳一体化组合。因此，复合机床的各个单个部位均可为用户提供整个工序链技术诀窍运用的可能性。适配的铣加工软件采用 Delcam 应用软件，其他加工工序和材料分析使用的是英国制造技术中心的软件，而复合机床的激光单元则是使用复合制造技术软件。MM