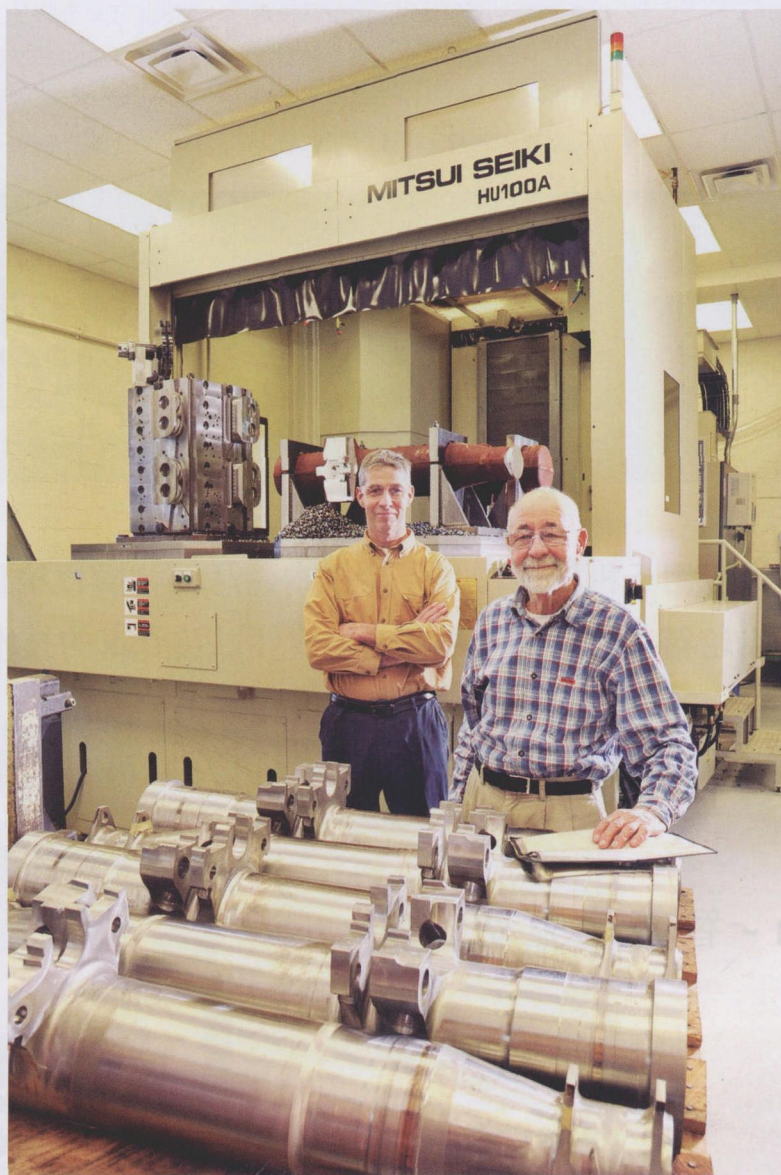


硬切削

如何解决加工钨的问题

当此航空航天企业把解决加工钨合金等重金属的问题作为自己的专业时，它必须有机床、刀具、工件夹具和工艺诀窍，才能成功。

文 | Mark Albert



Alro Machine 公司总裁 Steve Young (左) 和他的父亲、公司创始人 Ron, 在查看难加工的大型航空航天组件, 那是该公司的特色业务

钨的密度与黄金相当, 大约是铅的两倍, 主要用于配重和压载、辐射屏蔽、弹道穿甲弹、减振工具以及体育用品 (如高尔夫球杆) 等。航空航天工业在探索钨材奇异特质的应用方面投入更多, 因为紧凑、精确定位的质量密度有助于飞机的稳定性以及飞行控制系统和发动机的平稳运转, 这些坚韧、稳定、有磨蚀性的合金也可呈现其在金属加工方面的挑战能力。这些正是 Alro Machine 公司在努力应对的挑战。

1960 年, 航空航天业机加工件和组装件制造商 Alro 作为螺杆加工厂成立于 Lindenhurst。现今, 它已演变成了固定翼和旋翼飞机的零部件和服务的供应商, 不仅如此, 它还提供机加工、支持零部件和组装件的维护和修理。这些成功与 81 岁的公司创始人 Ron Young 坚持每天去工厂, 与其儿子——现任公司总裁 Steve 一起工作是分不开的。

Steve Young 介绍说, Alro Machine 多年前便有意识地决定专注于加工硬质重金属。当时厂内还没有条件同时维持铝和重金属同时进行的加工能力。于是他们选择了

重金属的业务。

事实上，把加工重金属作为一个专业来一展身手，并不是一个轻率的决定。材料决定加工过程中每个主要因素的选择。例如，加工钨合金，一定需要一个加工中心，它在低主轴转速时要具有特殊的刚性和高扭矩，其可转位刀片及其他刀具必须有非常锋利的切削刃，工件夹紧装置需要有耐振性和可重复性，以及快速变化的能力。

但是，在这些选择中，要加强其对重金属的加工能力，最重要的是必须获得特别适合这个任务的卧式加工中心，而三井精机 HU-100A 最终成为了 Alro 选择的设备，其刚性、高扭矩、低主轴转速以及高压冷却液输送等均符合要求。该机于 2012 年交付，标志着 Alro Machine 的一个决定性转折点。

钨被普遍认为是可切削的，类似灰铸铁，因为它产生短切屑而且具有磨蚀性。然而，根据 Densalloy 重钨合金的提供商 Allegheny Technologies 公司称，钨含量低材料比含量高的更具延展性，而且往往与硬度相当的不锈钢有相同的机加工特性。钨合金具有高弹性刚度，比多数的金属需要更大的切削力，所以刚性刀具和足够的主轴扭矩是必不可少的。同时钨含量低的合金在加工时会产生连续的切屑，因此需要有足够的切屑控制措施。

车间工长 Walter Dzikowski 同意对钨的这些评价，介绍说：“我们正在使用的是 97% 的纯钨，非常坚硬。这比切削钛难得多。对于钛，我们可以加快切削钢的速度，可以推动它，但对于钨，你必须给它足够的时间来切削。”

Dzikowski 先生接着说，“加工钨成功的一个关键因素是控制好振动。因为钨非常坚硬而致密。如果有振动，刀具会崩溃。”同样，用

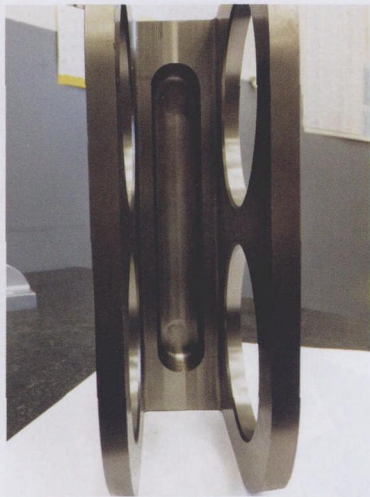


图 1 这个钨合金压载是直升机主旋翼头的一个组成部分。Alro Machine 采用特殊刀具加工其中心腔的底部，只需一次进给。用一个扩展的精加工刀具铣削内部背面的“口袋”是对机床、工具组件和夹具的抗振性能的测试

于切削钨的机床必须是刚性好、耐振动的。刀具的选择也同样重要。该工件材料具有高密度，若切削它，必须保持刀具锋利，一把钝刀只能把料推走。厂里大多采用肯纳金属公司和山特维克的刀具，并听取那些供应商的应用专家的建议，对具体的钨合金采用合适的切削参数。

冷却液也是钨加工的重要考虑因素。Dzikowski 先生认为，从油罐切换出 20001 的冷却剂是不切实际的。但是 Dzikowski 先生发现浓化冷却液，加 20% 的油到水里，这种配比有益于刀具的使用寿命。

旋转的工件，智慧的夹具

通常具有挑战性的钨作业都涉及加工直升机的主旋翼头的压载。此工件由高钨含量的合金制成，尺寸大致为 9 in × 6.5 in × 2.7 in (1 in=25.4 mm)。厂里对这种类型的工件有相当丰富的加工经验。它最近刚以 50/60 的批量完成了 280 件。

此类工件多半是空心的，内部的背面有一个“口袋”，需要用一精加工刀具探入大约 6 in (图 1)。由于它比较深，此操作就特别容易因振动引起刀具崩刃。“我们使用的是肯纳金属模块化工具，具有 1 in 直径的可更换刀片，旋入硬质合金刀杆。” Dzikowski 先生说。为了提高刚度并把振动降到最低，工厂最终把刀杆安装在了一个 HSK 热装刀柄里。Alro Machine 设计了一个定制的大型墓碑式夹具，解决了工件夹持的刚性和可重复性的问题 (图 2)。墓碑式夹具配用的是杰根斯夹具系统。Dzikowski 先生报告说，夹具系统对准工件可重复性为 ± 0.001 in。使用该夹具，加速了工件的加载和卸载，减少了装卡设置时间。

自定义工具

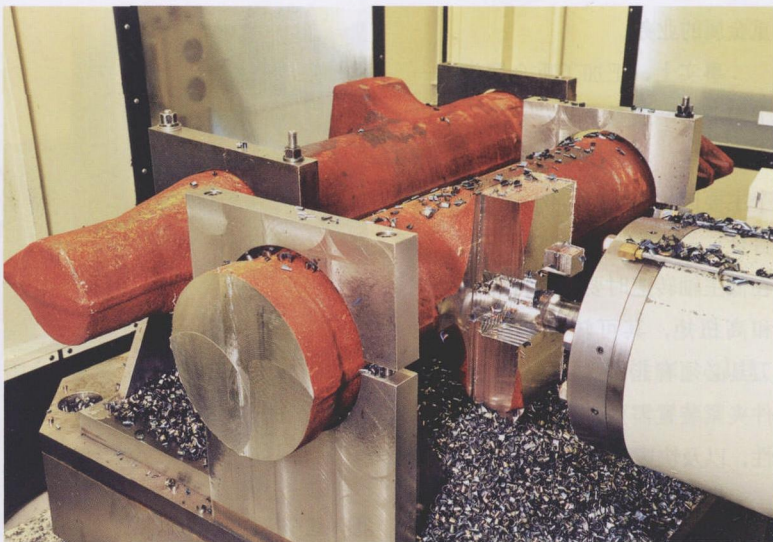
厂里用于加工钨材压载的深中



图 2 车间工长 Walter Dzikowski 在检查工件的墓碑式夹具，其特点是有厂里专为 50 lb 自定义铣刀而设计和制造的刀库

心槽的刀具是在肯纳金属定制的，刀具由两个安装在单一的 HSK100 刀架上的平行开槽刀组成。但是组装后，刀具直径有 13 in，无法放进机器的换刀刀库里（图 3）。“于是我们想出了把该刀具的一个‘安装站’放在墓碑上。” Dzikowski 先生说。要使用这种刀具，机床要编程，使墓碑旋转到位，并在用空气和水冲洗从刀具出来的切屑之后，把主轴通路移动到露出的刀柄锥形体上。当操作完成时，机床在安装站里更换刀具。

图 4 高强度 300M 钢起落架组件，是厂里的三井精机 HU-100A 卧式加工中心生产的大型复杂工件之一。该机的 Z 推力和扭矩容量，使厂里能在工件上钻大至 4 in 直径的精密孔



一次进给

“它不能一次进给完成，因为当刀撞到槽的底部时，每对刀片的组合宽度在完全与工件接触时造成机床的负担太重了。” Dzikowski 先生解释说，“较快的切削速度加速了刀具的磨损，所以需要经常更换刀片。此外，此切削速度产生过多的热量，经常导致该工件的两侧翘曲而不平行。”

面对这些限制，Alro Machine 决定找一台可以处理钨加工以及其他重型作业的机床。研究表明，扭矩占据着主导地位。出于这个原因，厂里购置了三井精机 HU-100A（图 4）。这种四轴卧式加工中心适合

用于处理重金属和硬质工件材料，有 6000 r/min 的主轴，在连续旋转 106 r/min 时，能产生 1990 lb·ft 的扭矩。该机重 7 万 lb，方钢硬轨构造，占用车间 26 ft × 19 ft 的空间。主轴持有 HSK 100 锥度刀架。X、Y 和 Z 行程分别为 51.2 in、47.24 in 和 39.4 in。为了稳定和振动控制，机器上安装在一个 3 ft 厚的混凝土基础上。

Alro Machine 现在所用的三井卧式加工中心，其以 30 r/min 的转速一次进给铣削此钨材直升机压载槽。“我们能够运行与其他卧式机相同的进给量，但在低得多的转速的同时还能产生足够的扭矩。”

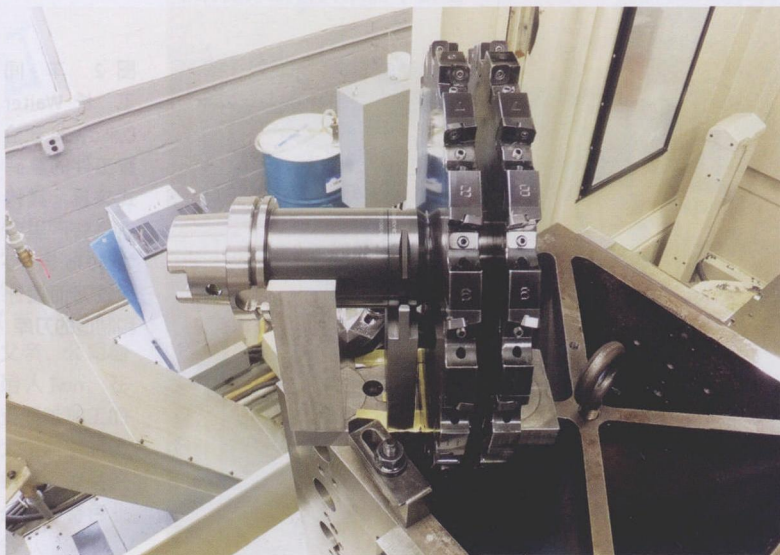


图 3 这个工具在工件夹具底座上的安装站里，有 13 in 直径的双开槽刀

Dzikowski 先生说。比较小应力的加工参数，该工件的两侧保持平行，不会受到过多的热量影响。较慢的切削速度也降低了钨的磨蚀作用，提高了刀片寿命，Dzikowski 先生说。“我们用新机床节省了刀片成本约 30%。”他补充道，“槽的铣削操作周期大约节省了 40%，尽管切削速度较慢，但槽是一次进给便完成了，不再需要四次。”

该厂有这些钨材压载的一个固定订单，通常以 50 件左右的批量加工它们。把所有四个工件都安装在墓碑上需要 16 h。长时间促使厂里实施无人值守作业。以较低的主轴速度延长了刀具寿命，使一组刀片都能坚持完成整个切削周期。“当我们让这一切夜间进行时，我们启动完便可回家。到了早上，我们便有了四个加工好的工件。” Dzikowski 先生说。

Young 先生表示，接受难加工材料的挑战更像是一种生活方式，由某些动机的组合所支撑，包括家庭传统，还有爱国。最后，最值得骄傲的事情：“我们要继续做具有挑战性的事情，并且把它做好。我想这就是为什么我们还在这里的缘故。”他总结道。MM