

重型切削

钛合金的大切削量加工

钛合金的特殊材料性质特别在磨削时表现得更加明显。相对高的摩擦系数意味着磨削过程中产生高温，导致磨粒与金属发生化学反应，从而导致工件表面的烧损和划痕。

文 | WFL 车铣技术公司

重型切削对机床及加工工艺都提出了特殊的要求。如果涉及到非常难切削的钛合金的大切削量重型加工，就需要特殊的专有技术以满足这些加工需求。WFL 车铣技术公司在针对这种需求的飞机起落架加工领域具有极具竞争力的解决方案。

奥地利机床制造商 WFL 车铣技术公司作为机械零件全面加工领域的领先制造商，WFL 公司是世界唯一一家只专注于多功能车铣复合中心的专业生产厂，WFL 公司从一开始即专注于零件加工的完

整解决方案，并与机床一起提供所需的软件解决方案，包括相应的工艺方案、工步设计及加工程序。

航空工业在 WFL 公司的市场中占有非常重要的地位。“难加工材料在这一领域日益成为优先考虑的材料。” WFL 公司应用工程部经理 Reinhard Koll 先生解释说：“特别是在钛合金加工领域积累大量的成功经验和专有技术，使得我们在此领域独领风骚。”

具有特殊性能的材料

钛合金的加工一向都对刀具及

机床提出特殊的要求。近年来，钛合金 3.716 5 作为一种具有杰出性能的轻型材料，在航空航天领域及医疗器械工业的应用中变得非常流行。它是最常用的钛合金材料之一，其含有 6% 的 Al 和 4% 的 V。这一合金通常称为 Ti6Al4V，它具有非常好的强度、抗腐蚀能力及抗应力的综合能力。虽然这一材料已拥有很好的实验数据和切削参数，但在加工过程中仍然需要遵循最为严苛的加工工艺规程。

对特殊的应用领域，基于严格用户要求的新型钛合金材料在不断地被开发出来，这就意味着例如像 VSMPO（这一俄罗斯公司为世界上最大的钛合金材料生产厂家）的钛合金 5553 就是航空工业飞机起落架的理想材料。这一材料的异军突起是因为其更加突出的强度和韧性，同时它也具有更小的热变形。在加工领域，正如这一材料的名字，的确像是希腊神话中的泰坦巨神。

目前钛合金 5553 是市场上最难加工的材料之一。加工过程中其切削速度不能超过 45 m/min，因为在切削速度低至 60 m/min 时即可



图 1 采用水性氯化钠溶液或水性可溶于水的油作为冷却液

产生高达 2780 N/mm² 的剪应力。

诸如由于热传导能力差而导致的材料化学变化（高温脆化）问题，以及与其他钛合金材料相比更容易形成较大切削瘤问题。因此在加工钛合金 5553 时，切削速度、进给率及切削深度的精确匹配就变得特别重要。而选用合适的冷却液与采用正确的冷却方法也同等重要。必须保证切屑被快速及连续地移走，散热问题将会引起更大的刀具延伸。而对于去除锻造外皮，即专家所谓的“大象皮”，又是这一材料加工的又一挑战。前道工序中锻造过程所导致的热和金相变化影响使得这层外皮表面变得非常坚硬。

低的弹性模量意味着钛合金倾向于规避刀具压力并容易与刀刃产生融合。因此正如前面所述，加工中应采用低的切削速度，但相对较高且平滑的进给率。同时必须保证使用无振动、固定式尖锐刀具。切削材料采用高钴含量的高速钢、硬质合金钢或钨铬钴合金。

这就是它如何工作的

对于粗加工及粗车，应采用 -6° ~ +6° 的刀具前角，对于精加工，应采用 0° ~ 15° 的刀具前角。而后角应一直保持在大约 7°。对于硬质合金，倾斜角应为 -4°，对于高速钢应为 0° ~ 5°。由于钛合金易于与刀具融合，因此最好采用爬升铣削而非传统的铣削。因此楔形切屑在最薄点分离，从而降低了刀具的损坏。对高速钢，铣刀的前角应为 0° ~ 10°，对硬质合金和钨铬钴合金，铣刀的前角应为 0°，而后角均为 12°。

钛合金的特殊材料性质特别在磨削时表现得更加明显。相对高的摩擦系数意味着磨削过程中产生高温，导致磨粒与金属发生化学反应，从而导致工件表面的烧损和

划痕。磨粒会变钝得非常快，进而导致局部过热，然后只是在零件表面滑动。即使磨削表面无可见烧伤，也会出现表面张力而产生磨削裂纹，这将影响到疲劳强度。

通常采用水基溶液作为冷却液，而在这儿采用水性氯化钠溶液或水性可溶于水的油（图 1）。在温度低于 200℃ 时也可采用含 S 或含 Cl 的油，但此时加工过程中必须擦拭工件表面。

经验是决定性因素

以上种种情况证明在刀具选择和使用中需要大量的经验，并需要相应的加工策略。一个具体的 WFL 项目涉及商用飞机起落架零件加工。在此情形下，通常需要加工机床的供应商提供包括基本加工工序的工艺方案。毛坯通常为大型锻件，因此成本非常高。在加工工作中，早在方案初步设计阶段就必须能够考虑到加工的关键因素。例如，必须考虑不同材料厚度的工件毛坯，以修正加工方案。热影响区和产生的切削力也必须同时考虑。

“像钛合金这样的难加工材料影响着 WFL 公司机床的发展。针对像这种需求的应用我们提供单独的解决方案，包括诸如冷却和生产策略及实际的加工机床。”这就是 WFL 市场部经理 Dieter Schatzl 先生描述的位于奥地利林茨市的机床制造商 WFL 公司的核心竞争力。“我们有能力和技术储备针对我们用户的需要精确地采用相应的



图 2 MILLTURN 车铣机床

MILLTURN 车铣机床（图 2），例如急停退回功能在突然断电时可以保证刀具立即从工件表面退回，从而避免工件的损坏。”Koll 先生补充说。

协调的整体观念

在 WFL 公司，对客户的需求会投入特殊的关注，使它们集成为总体方案的一部分。例如可以针对用户方案中的特殊要求，通过对导轨及主轴的个性化设计使机床部件满足用户期望的载荷要求。而在钛合金加工时冷却方案也是特别需要考虑的重要因素。由于钛合金在温度 880℃ 以上会燃烧，必须确保相应的防火及防爆保护；另一个因素是当采用 WFL 公司全面加工机床时，可以在机床上在线测量零件。“用户需要的是一台确保实现加工工艺要求的机床，这也包括在刀具选择及工艺方案制订的支持，因为对这种尺寸的零件，即使有一件零件不合格，就代表着巨大的经济损失。”Dieter Schatzl 先生进行了陈述。

WFL 公司在重切削领域的加工理念和解决方案已享誉全球。由于在钛合金加工领域的专有技术，公司也确保其机床可以加工其他难加工材料。WFL 车铣技术公司也再次重申其对不适与加工的钛合金 5553 加工方案在钛合金加工领域的专家领导地位。[MM]