

FACTS

0024 館59



当高科技邂逅微小刃径

微小径刀具的最优涂层 第4-5页

信心满满

Mi-Tech Tooling和CemeCon: 长期合作在美国

第6-8页

钛:潜力巨大 的高科技材料

定制优质刀具,实现高效加工

第16-19页

"即使是刀具涂层中最常见的

缺陷-液滴,对微型刀具而言都是致命的!它们对 微型刀具的影响远超大直径刀具。因此,

毫不妥协的光滑度是不可逾越的红线,是绝对要求!
HiPIMS工艺——由于工艺过程中绝对不会出现液滴的特性——是我们成功的关键!"

Ramesh Agarwalla,印度CTC 精密刀具董事长 (关于涂层微型刀具的更多信息,请参阅第4/5页)

目录

2 HiPIMS用于微型刀具

Ramesh Agarwalla, 印度CTC 精密刀具董事长

4-5 封面故事

当高科技邂逅微小刃径

特殊的工作流程确保每一个微型刀具实现高质量加工效果

6-8 信心满满: 从涂层服务到In-house涂层

Mi-Tech Tooling和CemeCon:加强长期合作在美国

9-11 由CemeCon实现最佳切削每一天

CemeCon实现用于切削刀片的优质涂层:可靠的再现性能和质量

12-15 无缝衔接

HORN USA通过自有HiPIMS涂层系统扩大生产

16-19 聚焦"超级材料"——钛

通过优质涂层,克服切削挑战

20 最佳考验



HiPIMS涂层可实现更好的性能、更快的加工速度、更长的刀具寿命和更高的工艺可靠性

版本说明

出版发行:

编辑:

赛利(苏州)涂层技术有限公司

联系地址:

苏州市工业园区唯新路83号C幢 电话: 0512-62625099

中文发行量: 2000册 英文发行量: 5000册 德文发行量: 9000册

照片:

除另有说明,图片所有权均为 CemeCon所有,侵权必究

保留所有权利,只有在CemeCon 允许下才可以进行重印,包括摘录

当高科技邂逅微小刃径

当今的机加工行业,微型化正在引领时代潮流—从牙科植入物到电子原件、从钟表到微型滚珠轴承。越来越小型化的部件导致了更加微型化的加工刀具和更严格的公差要求。作为与刀具相伴相生的涂层,同样也必须适应这些发展变化。更重要的是,涂层不仅需要将最小的涂层厚度与最出色的加工性能相结合,而且其工作过程和处理方式也必须适用于只有几毫米甚至十分之一毫米的刀具。这一切,刀具制造商都可以从CemeCon涂层专家那里获得全面而专业的帮助。

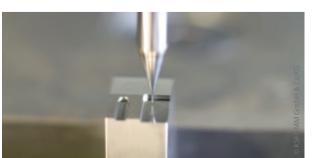
当必须将加工公差保持在微米范围内时,对工艺的可靠性、刀具的寿命和加工精度的要求之苛刻不言而喻。目前,只有超薄光滑的HiPIMS和金刚石涂层能够确保微型刀具获得日常加工所需的性能。如果您的刀具是在CemeCon的任何一个涂层中心享受了涂层服务,您可以确信:您的mini-刀具和微型刀具在面对任何挑战时都胜券在握。

质量是许多模块的总和。对完美的 执着和对细节的关注,反映在复杂 的工作计划中,就是对每个工作步 骤的详尽记录。针对微型刀具, CemeCon在生产中专门做出了一 些调整。CemeCon杆刀产品部经 理Manfred Weigand解释说: "我们专门为处理精细微型刀具开发了工作流程、工艺和设备,以确保我们员工可靠地工作。例如,在装载过程中为微型刀具设计特殊夹具、专门开发用于蒸发内冷孔的清洁系统。市场上没有任何已有的系统能完全满足我们的要求。这就是为什么CemeCon 的工程师需要自己着手建立一个完美适配微型刀具的系统的原因。为了避免与手指直接接触,我们的同事在处理过程中甚至会使用镊子和佩戴手套。"。

在对微型刀具进行涂层作业时,保 持绝对的清洁尤为关键。因为,即 使是最小的颗粒附着在刀具上,也 会影响最终涂层质量,进而削弱加工效果。在CemeCon,对清洁工作的特别关注不仅适用于刀具本身,同样也适用于涂层、批次装载等各个工序。更简单地说,适用于整个生产过程。在预处理过程中,由于微型刀具尺寸的其特殊性,需要进行特别温和的清洁处理,以确保获得出色的涂层效果。因此,CemeCon的金刚石涂层部门还有一个硬性规定:刀具需在洁净室中全程进行工艺处理,以避免受外界影响。

为什么CemeCon如此擅长微型刀 具涂层? CemeCon从成立之初就 致力于该领域的研发,在切削刀具







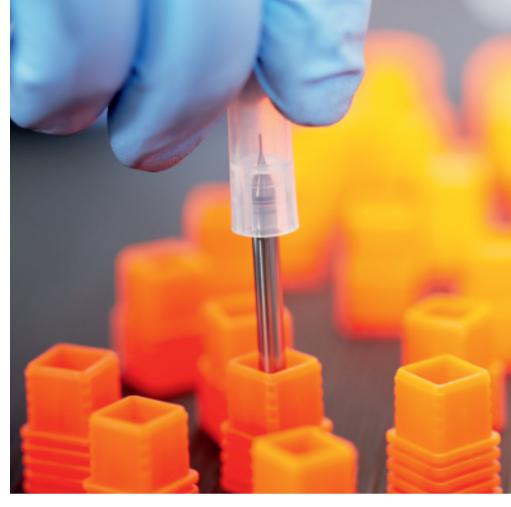
涂层方面拥有超过35年的经验。无论是HiPIMS还是金刚石涂层,所有程序和工艺都是针对精密刀具量身定制的。对刀具涂层全面而专业的知识,使其更容易适应"Mini"的要求。Manfred Weigand补充道:

"很早以前,我们就开始对微型刀具进行涂层处理,尽管当时微型刀具还相当罕见。溅射技术是我们的首选,比如: HiPIMS,非常适合对微型刀具进行涂层处理。在这个领域,传统的电弧工艺是不可能有所作为的。多年来,我们在这一领域获得的赞誉足以说明一切。"

HiPIMS和金刚石-微型刀具的私人 定制

作为牙科和医疗技术用微型切削刀 具专家——印度CTC精密刀具公司 董事长Ramesh Agarwalla表示:

"HiPIMS非常适合微型刀具。因为,即使是刀具涂层中最常见的缺陷—液滴,对微型刀具而言都是致命的!它们对微型刀具的影响远超大直径刀具。因此,毫不妥协的光滑度是不可逾越的红线,是绝对要求!HiPIMS工艺——由于绝对不会出现液滴的特性,是我们成功的关键!"

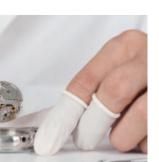


CemeCon确保每一个微型刀具实现高质量加工效果

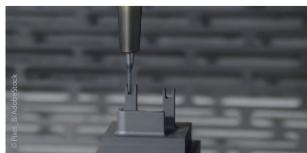
超薄HiPIMS涂层能够精准一对一再现复杂刀具的几何形状。 CemeCon技术产品经理Christoph Schiffers:"如果您想以可靠的工艺在微型刀具的细微形态上涂层,您首先要做的就是降低残余应力。这是均匀涂覆精密几何形状切削刃的唯一方法。通过我们的HiPIMS技术,可以控制并显著降低残余应力,非常适合在微型刀具的锋利切削刃上进行涂层作业。"

用于加工高度复杂的石墨电极或牙

科植入物,高精度复合多层CCDia®涂层是高端微型刀具的不二选择。在面对复杂、精细的几何形状的微型刀具时,使用热丝工艺的薄涂层能够确保即使是在极窄公差内也能获得均匀的层厚分布。Manfred Weigand 补充道:"为了确保涂覆刀具的高精度,我们可以将精密刀具涂层精准控制在所需的最终尺寸,并且这种高难度工艺在CemeCon的任何一个涂层中心都可得到完美复制。"









信心满满

基于对CemeCon技术的强烈信任,美国石油和天然气行业切削刀具专家 Mi-Tech 公司与位于纽约州霍尔斯黑德的刀具涂层专家——CemeCon公司 多年来密切合作。通过使用不同厚度的CemeCon涂层,MI-Tech切削刀 片获得了巨大的竞争优势。现在,Mi-Tech的模具专家们正准备采取下一步行动——利用自己的CC800®HiPIMS涂层系统将生产提高到一个全新的水平。得益于CemeCon公司的专业培训和倾力支持,In-house涂层生产在 安装完成几天后就顺利投运。

自20世纪初得克萨斯州钻探第一口油井以来,石油一直是经济的润滑剂和美国生活方式的基础。 Mi-Tech的硬质合金切削刀片主要 用于加工内外管螺纹,为美国生命 线提供支持和保障。牢靠、稳定和 信赖一直是Mi-Tech的生命和基 石,帮助这家家族企业在过去的20 年时间里实现了持续盈利和成功运营。Mi-Tech 公司总裁兼公司创始人Joseph Langenburg在描述市场对切削刀片的要求时表示:"能源行

业机加工需要同时具备高可靠性、 高切削量和良好表面加工质量的刀 具。从经济角度来看,更换刀所需 时间短和刀具寿命长同样必不可 少。"

生产跃升至全新水平

Mi-Tech与CemeCon密切合作超过 15年,并依靠CemeCon专家建议 确定刀具最佳涂层解决方案,以保 护切削刀片免受磨损并提高加工性 能。Joseph Langenburg: "我们始 终信赖CemeCon涂层专家的建议—— 这种信任来自我们多年来在可转位 刀片上的溅射涂层的成功应用,也 来自高性能HiPIMS涂层的成功。"

现在, Mi-Tech团队决定通过购买 CC800®HiPIMS完整交钥匙工程, 进一步加深与CemeCon的合作和 信仟。该工程将经典直流溅射技术 的所有优势与最新HiPIMS技术的无 限可能性结合在一起, 无论客户提 出何种需求, Mi-Tech都可以找到 最优PVD涂层解决方案和快速响 应。传统的涂层工艺由于残余应力 过大,涂层厚度通常被限制于3um 之内。而使用CemeCon的 HiPIMS 技术,由于可以精确控制残余应 力,使得涂层厚度能够成倍增加。 只有采用HiPIMS技术,才能将涂层 厚度扩展为1-12μm,实现"超厚 涂层"的梦想。



"通过在CemeCon公司以及在我们工厂现场的培训使我们能够快速进入 真正的涂层生产阶段。设备安装后,我们能够立即对第一批刀具进行 涂层作业,对该系统的实施速度和效率 我们感到由衷的高兴。"

Mi-Tech副总裁Brad Langenburg(右), 与总裁Joseph Langenburg(左)、涂层中心运营商 Yarnell Bouverette和Grant Gnagey合影

全程支持在线

与CemeCon合作,意味着获得涂层专家涵盖基材预处理、后处理、涂层系统和所有其他必要外围设备全方位、全链条保驾护航服务,以及全套涂层培训服务大礼包。 Joseph Langenburg说:"建立我们自己的涂层生产线是一个非常慎重的决定。考虑到即将到来的代际变化,我们要为未来设定方向。对我 们来说,有一个合作伙伴陪我们身 边很重要,不仅能为我们提供最好 的技术,而且从第一步开始就帮助 我们培训和发展自己的员工,支持 我们尽快独立、成功地生产自己的 涂层。"

CemeCon在帮助刀具制造商将工艺技术和工作流程快速、顺利地集成到生产线中具有决定性优势: CemeCon每天都在自己的生产中 使用相同的涂层设备和外围系统。 这就是为什么他们的专家团队能够 很好地了解客户的in-house涂层生 产线,了解工艺和工作流程的各个 部分,甚至了解最微小的细节,并 因此提供有针对性的支持,确保 Mi-tech客户顺利实现无缝过渡—— 使用自己的涂层系统生产出与 CemeCon各方面质量完全相同的 涂层。



Mi-Tech在安装HiPIMS设备后不久就生产出首批涂层刀具

快速、便捷地生产自己的涂层

CemeCon公司销售经理Ryan Lake: "经验告诉我们,从涂层服 务成功过渡到In-house涂层的关键

 接受同我们员工一样的所有培训, 以确保专业知识的成功传递,保证 刀具制造商能够快速获得掌握涂层 工艺的信心和能力。此外,我们经 验丰富的技术人员24小时在线,随 时准备回答客户的任何问题。"

Mi-Tech刀具有限公司



2004年,Joseph Langenburg在 一个租来的小屋里成立了 Mi-Tech刀具有限公司。成立之 初,公司仅拥有三台二手机床

和两名员工。在短短几年内,Mi-Tech已经发展成为专业硬质合金刀片和整体硬质合金刀具的领先制造商。多年的刀具磨削经验以及对创新和先进技术的不断追求使这家家族企业达到了"质量一流、服务一流"的"双一流"水平。

如今,Mi-Tech刀具有限公司在密歇根州卡斯市发展成为一个拥有 10000平方英尺的工厂和15名员工,所有生产均按ISO 9001:2015标准的领先刀具供应商。工厂的扩建不仅为公司进一步发展提供了空间,而且能够更好地满足各种行业客户对最先进技术的需求。

https://mi-techtool.com/

Mi-Tech副总裁Brad Langenburg表示:"通过在CemeCon公司以及在我们工厂现场的培训使我们能够快速进入真正的涂层生产阶段。设备安装后,我们能够立即对第一批刀具进行涂层作业,对该系统的实施速度和效率我们感到由衷的高兴。对我们来说,在为切削刀具提供相同品质涂层的前提下,缩短交付周期和降低生产成本是一个巨大的优势。对这笔涂层生产线的投资我们充满信心。"

最佳切削每一天

高新材料、新能源汽车、技术创新和成本压力——为应对这些来自当下和未来的挑战,机加工公司和刀具制造商必须具备不断优化产品的能力。HiPIMS涂层可帮助刀具实现更好的切削性能、更快的加工速度、更长的刀具寿命和更高的工艺可靠性。每天每日,配备CemeCon涂层的切削刀片都在世界各地重复展示这种顶级的性能。欢迎大家体验切削艺术的魅力!

如果想在电动汽车、重型机械加工、航空航天以及刀具和模具制造等前景广阔的市场取得成功,确保可靠地实现最佳切削效果是必要条件。只有CemeCon,才是刀具制造商最合适的合作伙伴。

四大支柱---性能、质量、可靠性、 可重复性

优异的排屑性能、最佳的表面质量、更长的刀具寿命和更高的切削参数——HiPIMS涂层帮助刀具实现机加工的梦幻组合。为了使切削刀

片达到最佳性能,涂层材料、涂层 厚度、预处理和后处理等参数和工 作步骤都需要精确调节,以适应加 工刀具和加工工况。



出色的涂层质量、始终如一的高可靠性离不开对涂层材料和工艺步骤定期、严格的检查和经验丰富、训练有素的员工。切削刀片产品部经理Inka Harrand:"针对切削刀片,我们专门开发了量身定制的工艺,以确保涂层产品能够适应各种特殊要求。"

卓越的产品质量必须同时具备高可靠性、可重复性以及快速交货。严

亲力亲为确保高服务质量



格的批次划分、个性化的生产工艺和精确的文件记录确保全球所有CemeCon涂层中心都能实现同一工艺、同一质量的目标。除此之外,对于涂层专家来说,成为最熟悉客户所有细节的联系人,并为客户提供全方位的支持和建议同样至关重要。

这种高性能、高质量、高可靠性和 高可重复性的"四高组合"为通往 新市场开辟了道路。

刀具和模具制造商: 呼唤铣削钢材

用的厚涂层

保持刀具和模具制造的全球领先地 位靠什么? 当然是以最经济的生产 手段获得最高质量标准的模具、冲 头和冲模。

铣削是刀具制造中最常见的加工方式。为实现高生产率、高灵活性和高质量的目标,刀具和模具制造商急需开创性刀具解决方案。厚度为6μm的FerroCon®和厚度为12μm的FerroCon®Quadro涂层天然适合钢模具的粗加工。得益于高涂层厚



度,切削刀片可以实现非常好的金 属去除率,从而提高生产率。

重型切削:厚度为王

厚度为6μm的FerroCon®和厚度为 12μm的FerroCon®Quadro涂层是实 现所需最大磨损量的首选,特别是

切削刀片新贵: SteelCon®

含硅的HiPIMS涂层材料SteelCon®是加工50 HRC以上不锈钢和硬化钢的理想选择。高含硅量保证了在极端条件下的经济加工。SteelCon®不仅非常耐磨,而且具有很高的热稳定性,尤其是其均匀磨损性,保证了最大的工艺可靠性。



材料:

X2CrNiMo17-12-2 (1.4404)

刀具:

带3个刀片的 Ø40 mm铣刀 RPMT1204

 $v_c = 270 \, \text{m/min}$

n = **2,200 rpm**

f_ = **0.45** mm

 $a_{1} = 1-2 \, mm$

 $a_e = 5-15 \, mm$

刀具寿命: 30分钟







种类的钛合金制成,但对这种轻质 材料的加工绝非易事,需要有与之 相应的特殊切削刀具。采用HiPIMS 工艺的InoxaCon®和AluCon®涂层, 则正好满足钛加工的所有要求。

在轨道、道岔、管道和曲轴这类的 重型加工以及铸铁和黑色金属材料 的铣削加工中,这种超厚涂层更是 天选涂层———这是因为在这种粗 加工操作中,每一微米的厚度对制 造商的加工经济性都具有决定性意 义。Inka Harrand:"更高的涂层厚 度能显著延长切削刀片的使用寿 命,这是实现经济效益的关键。在 这种工况应用下,两者之间几乎等 同于线性相关性。这是厚度为6µm 的FerroCon®和厚度为12µm的 FerroCon®Quadro涂层的专属舞台。"

航空航天: 经济性加工钛合金

在飞机制造领域,所有的供应商都在不遗余力地对各种加工工艺进行严格测试,以期能够降低成本,实现更好、更经济的生产路径——这为刀具制造商通过提供高性能加工解决方案提供了绝佳的机遇。比如:钛加工。许多飞机部件由不同

电动汽车: 铝加工的市场新宠

汽车工程,其主要加工领域存在于铝合金加工。Inka Harrand确信:"个性化刀具是确保市场份额的关键。涂覆AluCon®涂层的切削刀片替代无涂层的硬质合金是大势所趋"。大量的加工实例表明,当使

用AluCon®铣削铝及铝合金材料

时,由于显著降低了积屑瘤,切削

刀片的使用寿命得到大幅延长。

电动汽车的加工任务远小于传统的

切削刀片用HiPIMS涂层材料(CI)

FerroCon®

适用于非合金钢、 合金钢和铸铁 InoxaCon®

适用于不锈钢、 高合金钢、钛、 镍基合金和 难加工材料(CrCo) AluCon®

适用于铝、钛、铜 和其他有色金属 SteelCon®

用于硬加工、不锈钢、 钛和钛合金

成分: AITiN-基

最高切削温度:

1,100 ℃ 颜色: 无烟煤灰 CI涂层厚度:

3 μm, 6 μm 和12 μm

成分:

TiAlSiN-基

最高切削温度:

1,100°C 颜色: 红金 CI涂层厚度:

3 μm 和6 μm

成分: TiB₂-基

最高切削温度:

1,000℃ 颜色: 银色 CI涂层厚度:

2 µm

成分:

TiAISiN-基, 高含硅量

最高切削温度:

1,100℃ 颜色: 红金 CI涂层厚度:

UI床层序员 -

 $3 \mu m$











来自全球70多个国家的汽车、化工、航空航天、医疗技术以及刀具和模具制造行业的顶尖企业都坚信: HORN出品,必为精品。作为全球切削刀具行业最重要市场之一的美国,凭借其强大的高科技引领着全世界市场的走向。在不断追求尽善尽美的加工服务中,HORN USA将最先进的产品线与两台CC800®HiPIMS涂层系统整合在一起,从而更快、更好地为美国客户提供满足个性化需求的定制刀具解决方案。HORN 和 CemeCon 在欧洲和北美多年的友好合作中相互间建立的良好信任,为HORN USA的刀具涂层从外包无缝过渡到In-house铺平了道路。

HORN的传统优势是在极短交货周 期内为客户提供加工要求苛刻的高 品质精密刀具--这是其他公司难 以实现的。为了在全球范围内实现 这一承诺,则需要全球各地的分公 司都拥有尖端技术的生产线,特别 是在美国这样市场,这一点尤为关 键。在德国蒂宾根的工厂内, CemeCon独特的HiPIMS技术长期 以来为HORN公司提供涂层服务, 是HORN赖以成功的基石之一。自 2004年以来,HORN USA的精密工 具一直由CemeCon公司提供涂层 服务。现在,通过投资自主 In-house 专业涂层生产线,HORN 在美国富兰克林的生产得到了扩大 和加强,从而更快捷、高效地服务 干美国市场。

In-house涂层的完美组合

HORN USA总经理Chad King表示:

"我们很清楚地知道,如果转向自己生产涂层,从第一天开始,我们必须就要生产出与CemeCon质量完全相同的涂层。即,在美国完美复制德国蒂宾根产品。换句话说,我们需要达到与德国完全相同的技术水平。现在,CemeCon提供的培训不仅将涂层技术完全融入了美国生产线,还教会了我们如何充分利用其无穷的潜力。"



"一年多来,得益于与CemeCon的动态 合作,彻底改变了富兰克林的涂层生产。 通过将尖端的技术、无与伦比的专业知识 和同步结合在一起,完美实现了向 in-house涂层的无缝衔接。从投入生产的 第一天起,我们的涂层就达到了与德国 CemeCon完全相同的卓越品质,并获得 了创新涂层和根据我们的确切需求定制个 性化涂层的能力。"

Chad King, HORN USA总经理

为了达到目标,HORN投资了一条 交钥匙工程涂层生产线:该生产线 由两台HiPIMS涂层系统、基材预处 理和后处理设备以及所有其他必要 的外围系统组成。涂层技术来自 "德国制造",高品质刀具来自 "美国制造"。Chad King评论道:

"CemeCon作为我们的技术合作伙伴,让我们获得了全包式交钥匙工程:首先是技术设备,其次是完整的客户服务,包括知识传递、员

工培训以及来自CemeCon总部涂层专家及德国同事的合作支持。这种组合堪称完美的,促使我们出色地完成了工作!"

独特的知识传递确保顺利启航

当将In-house涂层生产线整合到生产中时,CemeCon展现出决定性优势:每天,专家们都在全球所有涂层中心的涂层服务中使用相同的

技术。因此,CemeCon团队对涂层设备、外围系统、工艺和工作流程了如指掌,能够为客户提供最佳支持。"HORN和CemeCon在美国和德国有着长达十多年的合作关系。这意味着我们从内到外都了解HORN的要求和高端质量水平,"CemeCon Inc.销售经理Ryan Lake说道。

使用HiPIMS涂层系统操作的便利性 不言自明:ln-house涂层生产成功的 关键在干充分了解从开始到结束的 每一个工艺流程和工艺要求。多年 来,CemeCon不断优化设备流 程,使其更易于学习和理解。"我 们在纽约州马头霍斯黑兹的涂层中 心或在客户设备现场的培训中传授 我们的知识和经验。这种培训对客 户和对我们自己的员工完全相同。 我们从自己多年的培训经验中知 道,什么样的培训能够快速、可靠 地成功传递掌握涂层工艺所需的专 业知识。当然,如果培训完成后, 客户在使用中发现任何问题,我们 都会随时为客户提供支持,"



第一天起,HORN USA就拥有生产与CemeCon质量完全相同涂层产品的能力



得益于CemeCon的培训,HORN USA向in-house涂层生产的过渡顺利完成

CemeCon公司技术部部长Eli Rob-erts说。

质量无缝衔接

Chad King: "一年多来,得益于与CemeCon的动态合作,彻底改变了富兰克林的涂层生产。通过将尖端的技术、无与伦比的专业知识和同步结合在一起,完美实现了向in-house涂层的无缝衔接。从投入生产的第一天起,我们的涂层就达到了与德国CemeCon完全相同的卓越品质,并获得了创新涂层和根据我们的确切需求定制个性化涂层的能力。" Chad King, HORN USA总经理说。

HORN Group



Paul Horn 公司总部位于 德国蒂宾根,自1969年 以来一直致力于提供高 性能、高可靠性的切

槽、侧车削和槽铣刀。在遍布各大洲的70多个国家中,来自汽车、化工、航空航天、医疗技术以及刀具和模具制造行业的各大公司巨头都使用HORN精密刀具进行生产加工。HORN公司高性能工具的成功基于四大支柱: in-house研发、in-house涂层技术、in-house硬质合金生产和in-house制造技术。为全球机加工市场提供25000多种标准刀具和150000种特种刀具。得益于与全球各地和各大洲众多合作伙伴的合作,HORN为全球客户提供高水平、高可靠性的加工支持。

www.horn-group.com

钛:潜力巨大的高科技材料

最初,钛仅用于军用侦察机的发动机和机身。现在,由于其出色的材料性能,钛早已成为我们日常生活中不可或缺的一部分。当今,钛遍布于高科技产品和昂贵的奢侈品:从民用飞机的组件到智能手机和笔记本电脑外壳、高尔夫球杆、手表和珠宝等体育器材,甚至医疗植入物。然而,历史上,我们对轻金属的加工一波三折,只有同时拥有正确的加工策略和相应的切削刀具,才能实现有效成本效益比的钛加工工艺。

"钛是一种'超级材料'。钛合金 因其良好的强度与比重比,在航空 结构部件等轻质结构中特别受欢 迎。这种轻金属几乎和调质钢一样 坚固,但重量却轻40%以上。此 外,钛还具有极高的耐热性和极强 的耐腐蚀性。氧化层使钛金属钝 化,进而使其对氯化气体、海水、 碱性溶液、酒精和冷酸等侵蚀性介 质具有极强的抗腐蚀性。钛金属的 另一个宝贵优势是它的生物相容 性。钛金属植入物通常不会引发人 体任何免疫排斥反应。"汉堡工业 大学(TUHH)生产管理与技术研 究所(IPMT)生产工程教授Jan Dege博士说。

钛还是一种相对年轻的材料。它干

1791年由英国人威廉•格雷戈尔发现,从1944年起才开始能够大规模生产。但是,从那时起,它就开始了在世界各地的胜利之旅。20年前,全球约有6万吨金属钛被加工,10年前为14.3万吨,而今天,估计已经消耗了近30万吨。此外,钛并不是一种稀有金属:它在地球上所占份额为0.565%,是地壳中

由于钛合金具有良好的强度与比重比,因此通常用于航空领域的轻质结构







"总的来说,乍听起来加工钛所涉及的挑战很艰巨。然而,那些了解所有加工参数的人在这个领域却拥有巨大的优势。根据所使用的合金和加工设备,通过对硬质合金基材、刀具几何形状、涂层和数控工艺设计进行调整,能够确保实现经济性加工。"

Jan Dege教授,博士, TUHH IPMT生产工程系教授

第九大常见元素。这意味着它通常 很容易被获得。

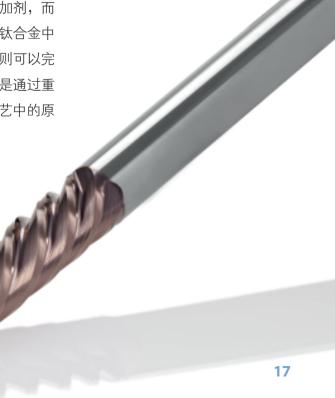
能源密集型生产

那么,为什么它通常只被应用于高科技和奢侈品呢?"钛非常昂贵,这是由于其复杂的制造工艺决定的。"Jan Dege解释道。"这种材料很少以纯金属形式存在。它必须使用高耗能的Kroll工艺才从钛铁矿或金红石中提取出来,并通过反复重熔炼和进一步加工后才能成为技术上可用的金属。这意味着生产每公斤钛合金Ti-6Al-4V需要消耗约108千瓦时的能量,这是生产铝合金所需能量(17千瓦时/公斤)的六倍。不仅原材料价格相应较高,而且钛的二氧化碳排放量也较高。"

这使得钛的回收再利用在经济和生

态上都非常合算。然而,这里还存在一些问题:如今,许多钛部件都是从板材或模锻半成品中铣削出来的,特别是在航空航天工业中更是如此。在加工过程中,氧化、冷却润滑剂残留物、外来金属和刀具颗粒严重污染了钛屑,这使得回收变得困难。这就是为什么这些碎片经常被用作钢铁生产中的添加剂,而不能被回收利用到高标准钛合金中的原因。另一方面,纯钛则可以完全回到材料循环中。回收是通过重熔进行的,通常与Kroll工艺中的原

始钛一起进行。



精密加工

限制钛应用的另一个原因在于其极具挑战性的加工要求: 钛是最难加工的材料之一。加工中遇到的第一个障碍是: 钛金属同时兼具高抗拉强度和低导热性。前者导致刀具切削刃上产生高机械应力,后者导致

刀具上出现明显热负荷。与钢加工不同,钛加工时通过工件和切屑散发的热量很少。在相同的切削速度下,加工钛时的温度有时能达到加工钢的两倍。Jan Dege说:"为了减少切割刃上的热负荷,切削速度通常需要降低到vc=60-90m/min。此外,相对较低的弹性模量还会导

致侧面回弹,从而产生额外的摩擦 热。这大大限制了切削过程中的生 产率。"

CemeCon杆刀产品部经理Manfred Weigand补充道:"钛金属还具有粘附倾向。特别是在高温下,这使得机加工变得更加困难。冷却的钛屑会粘附在刀具的切削刃上。如果与下一个切屑一起撕裂,不仅结合力会变差,而且涂层和基材也可能一块脱落。这会导致切削刃上出现微崩缺,在最坏的情况下会导致刀具故障,至少也意味着磨损的增加。"

此外,并非所有钛都完全一样:除了广泛使用的α-β合金Ti-6Al-4V外,Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr或Ti-10V-2Fe-3Al等近β合金也越来越多地用于航空航天工业。由于其高强度和高热硬度,与Ti-6Al-4V相比,这些材料会导致更高的刀具磨损,并导致切削速度和进给率进一步降低。例如,还有用于医疗技术和植入术的其他钛合金,同样需要与之相应的特殊加工刀具。

汉堡理工大学生产管理与技术研究所



汉堡理工大学生产管理与技术研究所(IPMT)致力于解决基础的生产挑战,并为工业应用开发模型、寻找方法和优化流程。该研究所的两个部门密切合作,以

大型工件的加工能力闻名于世:生产管理部门特别关注生产过程的组织,生产技术部门则致力于研究CFRP和钛等现代工业材料的加工创新工艺。

Jan Dege教授自2022年以来一直担任生产工程系主任职务。此前,他曾在Premium AEROTEC 公司担任多个管理职位,主要负责开发和设计用于航空结构部件加工的高性能刀具、工艺和设备,并负责大学研究和工业应用之间的接口工作。他目前的研究领域为机械加工生产工艺,特别是在航空航天工业。致力于复合材料(如:CFRP、铝、钛)的手动和半自动钻孔、纤维增强塑料部件的修整和研磨、以及铝和钛合金的高性能铣削研发。他同时也是制造业创新网络(MIN)董事会成员、德国研究基金会(DFG)和工业集体研究(IGF)专家。

https://www.tuhh.de/ipmt/das-ipmt



如今,钛成为我们日常生活中不可或缺的一部分,例如广泛应用于医疗和牙科技术中。然而,钛加工绝非易事,需要高端个性化定制刀具。

所有参数步调一致

"总的来说,乍听起来加工钛所涉及的挑战很艰巨。然而,那些了解所有加工参数的人在这个领域却拥有巨大的优势。根据所使用的合金和加工设备,通过对硬质合金基材、刀具几何形状、涂层和数控工艺设计进行调整,能够确保实现经济性加工。" Jan Dege说。

在这里,作为切削刀具"保护层"的涂层特别关键。在加工钛时,含硅涂层的表现尤其亮眼,



特别是基于HiPIMS工艺的Steel-Con®涂层。Manfred Weigand解释说:"SteelCon®具有出色的隔热性能,几乎不会让任何热量进入刀具。这对于钛等本身导热性很差的材料尤其有利。如果没有Steel-Con®,加工硬质材料时会不可避免地出现高温,从而导致硬质合金脆化,损坏刀具。"

未来: 优化生产

为了减少钛部件生产中的二氧化碳排放,节约资源,实现更经济地生产。近年来,航空航天工业越来越多地使用准净形半成品产品——既是精密锻造零件,也是半成品。

19



最佳考验!

我们坚信,我们提供的是世界上最好的HiPIMS和金刚石涂层 这使得优秀的刀具变成了完美的产品

发现!

我们的涂层专家期待满足您的需求

coatingservice@cemecon.de







您想定期阅读FACTS杂志吗? 并了解更多关于我们涂层的情况?

只需订阅电子版的FACTS或我们的时事通讯。 这样您就能跟上最新的信息! 只需点击一下!