

精密超精密加工技术在微机械制造中的应用

李天然

(深圳市迪嘉机械有限公司 广东深圳 518000)

摘要: 当前机械生产流程以及高度精密的微型加工手段的运用对中国的机构构造行业产生了巨大而长远的效应。文章一开篇便简略概述了关于现行机械生产流程与高精度微型加工手段的独到之处,接着探讨了它们在实操中的利用情况,期望这番分析有助于推动我国机械制作领域向着持续且健康的进步方向发展。

关键词: 现代机械制造; 技术工艺; 超精密加工

引言

随着我国经济持续向好,工业领域实现了蓬勃发展,同时国防、航天和电子科技亦经历了剧烈的技术变化。在这些领域里,微光电子器件、微电子及微机电系统的生产技术等均属超精密微型机械技术范畴,而这些尖端的超精密微型机械技术已广泛运用于各个工业部门。

一、研究背景

当代的机器设备生产过程与高精度的处理手段等。这些技术是机械生产领域中不可缺少的根基,涵盖了以下主要方面:数码控制处理技术:作为当代机械生产中极为关键的一个环节,数码控制处理技术可以以高准确性和高效率完成制作,从而提升制品的品质与制造的速度。数码控制处理的技术以数控车削、数控铣削和数控磨削为主,它们可以对各类材质执行高准确性的制作;光束加工技术:光束加工属于无需物理接触的技术手段,它能实现高准确度和高效率的生产。以光束切割、光束穿孔和光束焊接为主要形式的光束加工技术,能完成对多种材料的高精准制作;微型制造工艺:该工艺以高精度度和提升效能为优势,适用于微型部件的生产制造。它主要通过细微的铣削、钻探和开槽工序,实现对微小元件的高精细加工;放电加工技术:放电加工是一种对材料处理精确且效率较高的技术,特别适用于加工硬性材质。核心工序包括放电铣削和放电钻孔,确保了硬质物料的精度加工。概括而述,随着当代机械制造流程和高精度加工技术的逐步进步,在提升机械行业的产品品质、缩减制作费用、增强制造效能等多个领域里,扮演了极为关键的角色。科学技术的前行与创新,亦为人类社会提供了更加有力的依托。

二、机械设计制造工艺的应用意义

机器设备现代化的设计与生产过程技术的运用,其核心价值体现在提高了生产的质量与数量,增强了设备功能的实用性,为机械工业的现代化进程提供了关键的支持与坚实基础。随着机械设计与

制造技术的不断进步与优化,生产企业能更精准地把握多样化的市场需求,并能根据市场变动快速制定合适的策略,同时也为精细加工技术在生产领域的应用提供了坚实的技术保障。在当代技术飞速发展的背景下,机器设备的设计与制造手段已经逐步呈现出智慧型、环境友好型和高精度等核心特性。其中,智慧型的核心在于,人工智慧应用辐射到机械设计与生产各环节,让人工智慧系统得以更加精确地对工业产品执行分析及生产流程,这既降低了公司在人力资源上的花费,也提升了机械作业的科学性、效率与完整性。而环境友好型代表着通过提高制造流程和技术质量来减少在生产过程中对环境有害物质的排放,有效地保护环境并在一定层面降低企业的能源浪费。随着机械生产行业对产品准确度和质量标准日益提升,企业利用先进科技手段有效增强了产品的精细程度,并且还促进了高精度加工技术在机械生产领域的广泛应用。

三、超精密加工的特点

二十世纪80年代的晚期,超精密微型机械加工技艺开始渐受关注。伴随着机械技术的稳步提升和日臻完善,该技术在加工精度度与加工范围上已达到极高水平。超精密加工拥有诸多独特之处,后续部分将对其进行逐一阐释。

首先,实行超精密制造时需遵循演进式制造准则。演进式制造分为两个途径,一是直达途径,另一是通过途径。采用直接途径的造工主要适宜于个体或小规模批次的工件加工。在直接造工的流程中,所用机械的准确性实际上不如工件本身,为了使工件达到既定的精确度,需要在制造流程里进行特别的工艺调整。同时,通过途径制造则是建立在直接途径之上,制作出二代工具母机,随后利用这些母模来实现工件的大批量加工与制作,通过途径制造主要适用于大量生产场景。

其次,细微的切削原理。加工零件时的全程在晶体内部展开,此种作业方式与经典切削手法不同,其特点是晶体尺寸超过刀具的

进给量。再者，超高精度微型机械生产过程开始采用众多创新技术与工序。随着加工技艺的持续进步，对微小机械部件的制造精确度要求日益严苛。伴随着特殊处理技术和复杂工艺等一系列新颖手段的运用，显著提升了工件的加工精度。超精密加工技术已经发展成为一个多元化的生产过程。这一工艺综合考虑了工件使用的材质、加工手法、相关设备以及检测方式，能够显著提升工件的制造品质，并已演变成一个有系统的生产流程。其次，超精密微型机电系统（MEMS）技术在应用时融合了自动化技术元素。通过超精密加工，产品设计的逻辑性得到了极大地增强，同时实现了对产品检测和控制过程的自动化，从而有效提高了产品的加工精度和品质，并确保加工过程的高效率和高质量标准。

四、现代机械制造工艺与超精密微加工技术的应用

4.1 现代机械制造工艺的应用

机器设备制作领域专注于动能设备、吊装搬运机械以及纺织设备等制品的工业生产过程，伴随着我国社会主义市场经济的繁荣兴旺与制作技术研发能力的日益强化，我国现代化机械加工技术也在不断地得到提升和拓展。

首先，以电气弧作为热能来源和利用气体作为焊接体的保护媒介的气焊工艺，该技术旨在确保焊接品质与效率的前提下，阻挡对金属有害气体的侵蚀，并且它具备电流浓度高、电弧光亮、温度激增等特质，从而实现优越的生产成果，尤以二氧化碳气体保护焊最为标志性。接下来，螺旋桩焊接工艺（TudWelding），该技术通过外界力量，把金属螺旋桩或者其他紧固件焊接至工件的熔融池中，从而构建焊点连接，它主要的焊接手法包括拉弧焊和储能焊，其中拉弧焊适应于重型工业焊接场景，而储能焊则更多用于薄板材料的焊接作业。

摩擦搅拌接合方式（Friction Stir Welding），该方法主要依靠旋转焊头产生的高温及塑性形变来连接不同的材料。在此过程中无须使用焊条、焊丝、焊剂或保护性气体等任何焊材，此法简单省能且效率高，预示着广阔的应用潜力。接着，电阻点焊技术（Resistance Welding）包括将工件置于两电极之间并借由电流在接触区域产生的热量来熔合金属。该工艺冶金步骤简便，造成的工件变形和应力较小，且已达到较高的机械化和自动化水平，目前这一技术在航空航天、家电等众多领域内得到了广泛地运用。

4.2 超精密微加工技术的应用

尖端的先进制造领域涉及精密机械加工技术。这类技术一般适用于微观尺度的部件加工，即在微米或亚微米层面上。而高于此层次的是超精密机械加工技术，专为更为细微，也即亚微米级或更小

尺寸的部件设计。深入探讨超精密机械加工技术，研究领域主要涵盖如亚微米级以下的制造流程、配套的设备需求、特定的加工环境，以及加工时所依循的基本原理等方面。

展望未来，微型电子机械系统日益进步将推动对微细构件形态的精密需求不断提升，对于非硅基材料细小部件的三维复杂外形制作技术也会相应提升。目前，在三维小型构件的制造过程中主要运用的制造技术是铣削与研磨。然而，在具体操作中，铣削因难以精确控制作用力，往往不被优先选用于细小构件的制作。但是，随着超高精度微型机械技术的持续突破，生产亚微米级别的细小部件已经不再是技术上的障碍。

4.3 超精密微机械制造中的关键技术

4.3.1 微机械加工设备技术

近期以来，众多国内外国家对超精细微型机械的制作技术给予了极大的关注，并在这一领域取得了突出的进展。在这方面，日本的微型机械加工技术已达到世界先进水平，有效地克服了在超精细微型零件的铣削过程中所面临的难题，实现了三维复杂面的自由机械加工。同时，德国在微细铣削领域的技术同样位居全球前列，主要用于加工淬硬钢和硬铝等材质的小型部件。

4.3.2 微切削加工技术

针对发展微型加工技术时遭遇的难题，找到解决方案至关重要。首先，在开展微切削工艺的探究过程中，必须深刻理解微观切削工艺参数及其切削原理，以保障微切削工艺设计的准确性，并确保机械产品的品质与精确程度均符合预期。其次，鉴于微型切削加工是一项动态性强、非线性显著的作业，因此，增强对微切削力预测能力的研究显得尤为关键。在实施元件削减作业时，须构筑准确的数模，并厘定恰当的切削极限下限，以此显著增进切削力的预测精度，并确保所建立模型适用于不同种类的材料属性。其次，在削减流程中若遭遇刀具变形、刀刃损耗、弹性变形或者刀具耗损等问题，这些都会对切削的最小界限造成影响。因此，针对这些影响因素必须进行全面分析，以提高微切削作业的精度和效率。

（一）材料的特点

铝镁合金以其轻质高强、一体化造型、耐侵蚀及结构之繁杂等特性而著称，通常被应用于飞行器引擎的前端减速器、进气系统、辅助驱动及润滑油相关组件。在制作过程中，切削工具的质地与功能、数控机床的旋转速率、切削深浅、走刀速率以及加工流程的规划和各分阶段需要留心的问题都对产品加工的结果产生重大影响。

（二）材料的切削加工性能

铝合金由于其较低的密度与高强度，能与高级钢材相匹敌甚至

超越,同时拥有好的可塑性,便于制成多种形态的材料。它还拥有优秀的传电和导热能力,并且具备抗蚀性,因此在工业领域得到了广泛的应用。在微型机械生产领域,高精度和超高精度的加工技艺得到了运用。在铝硅合金中掺入铜这一成分,能够增强材料的可加工特性;铝锰合金与铝锌锰合金在进行切削作业时表现出较高的加工效率;铝合金中,铝锰系和铝锌锰系材料易于进行切削加工;铝锰系列及铝锌锰系列的铝合金材质适宜切削,具有良好的加工性能。

镁质合金以其低密度、高比例强度、较大的比例弹性模数以及优异的导热与减震性能闻名,且相较于铝质合金,对于冲击负荷的承受能力更为出色,同时展现出对多种有机物质和碱性物的耐腐蚀特性。它的关键合金元素由铝、锌、锰、钽和少量镉等构成。目前

实际使用情况显示,镁铝合金的应用最普遍,其次分别是镁锰合金与镁锌铝合金。关于其机械加工特性,概述如下:在相同的加工环境中,机械切削所需的功率大约仅为铝合金的一半;加工时产生的镁合金碎屑通常呈现薄片状,但在小切削余量下进行加工时,这些薄片状的碎屑极易引燃;在机械加工镁合金时,可以实施较大的切削深度并维持高速切削。无论是否使用切削液,均无需进行磨削或抛光操作即可实现良好的表面光洁度。

(三) 选用刀具材料、牌号、性能及适用范围

对于铝镁合金部件的加工,选用何种刀具将立即决定加工工件的品质。通常,人们选择的刀片材料特性在下表中有所体现:

表 1 选用刀具材料、牌号、性能及适用范围

被加工零件材料	刀具材料及牌号	使用性能	适用范围
铸造铝合金 (ZL101 ZL101A ZL102 ZL104 ZL207 ZL208 ZL303 ZL401)	钨钴类(W-Co)硬质合金 YG6 YG8 YG6X YW2	YG6 的耐磨能力相对较强,尽管不及 YG3、YG3X、YG6X,其对撞击和振动的反应较为迟钝,但是其切削速率能够超过 YG8。另一方面,YW2 的磨损抗性略逊于 YW1,然而其具备更高的强度,可承载较高级别的冲击力。	YG6 合适进行连续表面粗加工、断续表面中精度加工和精细加工以及小尺寸断面的高精度加工,粗加工螺纹,以及连续端面的中精度铣削和高精度铣削,也适用于孔的初扩和细扩作业。YW2 则更适宜于对耐热钢、高锰钢、不锈钢、高合金钢的中度精加工和精加工,以及普通钢材、有色金属及其合金的各类加工。
铸造镁合金 (ZM-1 ZM-2 ZM-3 ZM-4 ZM-5 ZM-6 ZM-7 ZM-8)	钨钴类(W-Co)硬质合金 YG6 YG8 YG6X YG813	YG8 强度较高,抗冲击、振动性能比 YG6 好,耐磨性、允许切削速度较低。	YG8 适于铸铁、有色金属及其合金、非金属材料间断切削粗车、粗铣、粗刨、钻扩孔。

4.3.3 三维微型构件的高精度多功能检测装置

微型电子元件的三维检测体系由五个关键部分构成,这些部分依次为精密微型坐标测量装置、极高精度的柔性位移模块、精确数据采集单元、原子力感应探头系统以及误差校正装置。最初,系统利用精细的激光干预测量技术,在较小的空间内进行在线检测和实时监控,基于此技术为微型机械和零部件提供准确的几何尺寸参照标准。接着,在三维定位的活动当中,该测量体系运用了基于柔性接头的四连杆结构。并且,在需要实现较大运动范围与高精度定位时,选用了螺旋形压电推进装置。其次,在考察近接触区原子力显微探针头的力学模型过程中,实施了原子力探针技术的运用。终极,精确度较高的微型三维构件测量系统能够完成对原子级力信息的探测工作。

概括而言,当代工业进步不可或缺的是超精密微型机械生产技艺,这一点国际国内皆予以极度关注。目前,我国在此技艺的探索仍稍逊一筹于世界领先水平。鉴于此,我们需加强相关领域的研究投入,推进这一技术朝着更系统化、科学化的方向前进。

参考文献:

[1]于化东.超精密微机械制造技术研究进展[J].长春理工大学学报(自然科学版),2008,31(3):1-8.
[2]宋涛.超精密微机械制造技术研究进展[J].中国机械,2014,(9):128-128.
[3]郑颖.超精密微机械制造技术研究进展[J].科技风,2014,(13):241-241.

五、结束语