



Shukong jishu congshu

数控技术丛书

模具数控 加工技术

欧彦江 主编



上海科学技术出版社

数控技术丛书

模具数控加工技术 (CIP) 数据

模具数控加工技术 / 欧彦江主编. — 上海: 上海科学技术出版社, 2010.
ISBN 978-7-232-29822-3

模具数控加工技术

MUJU SHUKONG JIAGONG JISHU

欧彦江 主编

上海科学技术出版社
上海南京路71号 邮政编码200025
编辑: 徐文海
上海文化印刷有限公司印刷
开本: 787×1092 1/16 印张: 15
字数: 340千字
印数: 1~4,520
2010年1月第1版 2010年1月第1次印刷
ISBN 978-7-232-29822-3 · I·194
定价: 22.00元

本书如有缺页、错页或模糊不清等质量问题, 可向工总社联系调换。

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

模具数控加工技术 / 欧彦江主编. — 上海: 上海科学技术出版社, 2010.1
(数控技术丛书)
ISBN 978-7-5323-9855-3

I. 模… II. 欧… III. 模具 - 数控机床 - 加工 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 100231 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市文化印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12

字数: 240 千字

印数: 1 - 4 250

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5323-9855-3/TG · 194

定价: 25.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 简 介

本书较全面地介绍模具先进的数控加工技术,并通过各种典型实例来分析和研究模具的设计和加工方法,包括模具数控车削、铣削的加工技术,以及模具电火花加工与高速切削加工技术等。本书从实用、易学的角度出发,介绍了模具数控加工的基础知识、加工原理,重点阐述各类数控加工设备加工工艺以及编程的基础知识,并有丰富的实例供读者学习,帮助读者在操作数控加工设备的技能上打下坚实的基础。

本书不仅是从事模具制造、数控技术的工程技术人员的参考书,同时也可供高等院校和各类职业学校相关专业的学生作教材之用。

模具是现代产品生产中的重要工艺装备之一,小到螺钉,大到飞船,许多产品的生产都离不开模具,模具制造技术已成为衡量制造业发展水平的一个重要标志。模具数控加工技术必须要有先进的机床和工艺,其次更要有优秀的模具人才;模具的质量与精度,同样要靠先进的机床、工艺和优秀的模具技师来保证。在先进国家,模具制作已实现“无纸化”,模具设计人员依靠电脑进行设计,产品加工依靠数控机床进行。但是,再先进的数控机床,没有好的模具人才,没有长期的技能培养,也是没有用的。因此《模具的数控加工技术》的出版,就显得十分必要。

本书以理论介绍简明扼要,着重技能培养为原则,在编写时十分注意结合最新的模具数控加工技术,尽量反映国内外最新的模具数控加工技术。本书主要介绍了模具加工中使用数控车、数控铣、加工中心、电火花线切割以及高速加工技术的方法,配备了大量的例题和练习题,便于读者自学和独立操作。

本书第1章由李波编写,第2、3章由刘丽编写,第4、5、6章由欧彦江编写。欧彦江担任主编,并负责全书统稿。

本书的编写过程中,四川同格实业有限公司屈强工程师、中国东方电气集团公司宋扬工程师提供了大量宝贵的意见和建议,并提供了部分材料,在此表示衷心的感谢。

同时,本书的编写也参阅了以往同类教材和有


关工厂、科研院所的一些内部教材、文献、资料,并得到了许多同行专家的帮助、支持,在此也一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,本书难免有不足之处,真切地希望各位读者和同仁提出宝贵意见。

| | |
|---------------------------------|----|
| ■ 第 1 章 模具数控加工技术概述 | 1 |
| 1.1 我国模具行业发展现状 | 1 |
| 1.2 数控机床的发展和相关概念 | 2 |
| 1.2.1 数控机床的产生与发展 | 2 |
| 1.2.2 数控的相关概念 | 4 |
| 1.3 数控机床的组成和特点 | 4 |
| 1.3.1 数控机床的组成 | 4 |
| 1.3.2 数控机床的特点 | 5 |
| 1.4 数控技术在模具加工中的应用 | 6 |
| 1.4.1 高速铣削技术在模具加工中的应用 | 6 |
| 1.4.2 电火花加工技术在模具加工中的应用 | 7 |
| 1.4.3 CAD/CAM 技术在模具加工中的应用 | 8 |
| 1.5 模具先进制造技术 | 9 |
| 1.5.1 高速加工 | 10 |
| 1.5.2 逆向工程技术(RE) | 10 |
| 1.5.3 快速成形技术(RP) | 11 |
| 1.5.4 虚拟制造技术(VM) | 11 |
| 习题 | 12 |
| ■ 第 2 章 数控加工编程基础 | 13 |
| 2.1 编程概述 | 13 |
| 2.1.1 手工编程 | 14 |
| 2.1.2 自动编程 | 17 |
| 2.1.3 编程注意事项 | 24 |
| 2.2 坐标轴和运动方向 | 25 |

| | | |
|------------|-------------------------|-----------|
| 2.2.1 | 机床坐标系和坐标轴确定 | 25 |
| 2.2.2 | 起刀点 | 31 |
| 2.2.3 | 刀位点 | 31 |
| 2.3 | 走刀路线与加工参数 | 33 |
| | 习题 | 35 |
| 第3章 | 模具数控车削加工技术 | 36 |
| 3.1 | 数控车削刀具和选用原则 | 36 |
| 3.1.1 | 数控车削刀具 | 36 |
| 3.1.2 | 数控车削刀具的选用原则 | 40 |
| 3.2 | 数控车削编程基础 | 42 |
| 3.2.1 | 数控车床坐标系和运动方向确定 | 43 |
| 3.2.2 | 数控车削加工工艺分析 | 44 |
| 3.3 | 数控车床编程指令 | 48 |
| 3.3.1 | 数控车床常用编程指令 | 48 |
| 3.3.2 | 数控车床循环加工指令 | 58 |
| 3.3.3 | 螺纹加工循环指令 | 65 |
| 3.4 | 加工编程实例 | 69 |
| 3.4.1 | 轴类零件数控车削编程 | 69 |
| 3.4.2 | 普通盘类零件数控车削编程 | 73 |
| 3.4.3 | 圆锥零件数控车削编程 | 76 |
| | 习题 | 78 |
| 第4章 | 模具数控铣削加工技术 | 79 |
| 4.1 | 常用铣削刀具 | 79 |
| 4.1.1 | 数控铣削刀具的基本要求 | 79 |
| 4.1.2 | 数控铣削刀具的类型 | 79 |
| 4.1.3 | 数控铣削刀具的选择 | 84 |
| 4.1.4 | 铣刀刀柄及拉钉 | 85 |
| 4.2 | 数控铣削加工工艺分析 | 88 |
| 4.2.1 | 工序划分 | 88 |
| 4.2.2 | 顺、逆铣及切削方向和方式的确定 | 88 |
| 4.2.3 | 选择走刀路线 | 89 |
| 4.2.4 | 加工方法的选择 | 92 |

| | | |
|--------------|----------------------------|------------|
| 4.2.5 | 加工顺序的安排 | 92 |
| 4.2.6 | 铣削加工工艺参数的选择 | 93 |
| 4.3 | 数控铣床(加工中心)编程指令 | 94 |
| 4.3.1 | F、S、T 功能 | 95 |
| 4.3.2 | 基本指令 | 95 |
| 4.3.3 | 刀具补偿指令 | 97 |
| 4.3.4 | 特殊功能实现 | 101 |
| 4.3.5 | 孔加工固定循环指令 | 104 |
| 4.3.6 | 用户宏指令编程 | 111 |
| 4.4 | 编程实例 | 114 |
| 4.4.1 | 凸轮外轮廓数控铣削加工实例 | 114 |
| 4.4.2 | 内轮廓和型腔的数控铣削加工实例 | 116 |
| 4.4.3 | 铸造端盖数控铣削加工实例 | 119 |
| | 习题 | 123 |
| 第 5 章 | 模具的电火花线切割加工技术 | 124 |
| 5.1 | 数控电火花线切割概述 | 124 |
| 5.1.1 | 线切割加工的基本原理 | 124 |
| 5.1.2 | 线切割的主要特点 | 125 |
| 5.1.3 | 线切割的分类 | 125 |
| 5.1.4 | 数控电火花线切割加工机床的型号示例 | 125 |
| 5.1.5 | 数控电火花线切割加工机床的基本组成 | 126 |
| 5.2 | 电火花线切割工艺 | 126 |
| 5.2.1 | 模坯准备 | 126 |
| 5.2.2 | 工件的装夹和调整 | 127 |
| 5.2.3 | 电极丝的选择和调整 | 130 |
| 5.2.4 | 加工工艺确定 | 133 |
| 5.3 | 线切割机床断丝原因和解决方法 | 134 |
| 5.3.1 | 断丝原因和预防 | 134 |
| 5.3.2 | 常见断丝故障分析和排除方法 | 136 |
| 5.4 | 数控快走丝电火花线切割机床的操作 | 137 |
| 5.4.1 | 机床开机关机步骤 | 137 |
| 5.4.2 | 线切割机床控制系统 | 138 |
| 5.5 | 数控慢走丝电火花线切割机床的操作 | 141 |

| | | |
|---|------------------------|-----|
| 5.5.1 | 数控慢走丝线切割机床加工工艺要领 | 141 |
| 5.5.2 | 数控慢走丝线切割机床安全操作规程 | 142 |
| 5.5.3 | 数控慢走丝线切割机床的维护 | 143 |
| 5.6 | 数控电火花线切割编程 | 143 |
| 5.6.1 | 3B 格式编制 | 144 |
| 5.6.2 | 线切割 ISO 代码程序编制 | 148 |
| 5.6.3 | 自动编程 | 153 |
| 5.7 | 数控线切割加工和编程实例 | 154 |
| 5.7.1 | 线切割加工准备工作 | 154 |
| 5.7.2 | 线切割加工编程实例 | 157 |
| | 习题 | 166 |
|  第 6 章 | 高速铣削加工技术 | 168 |
| 6.1 | 高速切削概述 | 168 |
| 6.1.1 | 高速铣削的定义 | 168 |
| 6.1.2 | 高速铣削的关键技术 | 169 |
| 6.2 | 高速切削刀具与刀柄 | 175 |
| 6.2.1 | 高速切削对刀具的要求 | 175 |
| 6.2.2 | 高速切削刀具 | 176 |
| 6.2.3 | 高速切削刀具的刀柄 | 178 |
| | 习题 | 179 |

1.1 我国模具行业发展现状

模具是能生产出具有一定形状和尺寸要求的零件的一种生产工具,也就是通常人们说的模子。模具对于制造业来说是非常重要的工艺基础。我国早在春秋战国时期就已经开始制造和使用模具,但是一直到近代,我国的模具制造都没有形成一种产业。直到上世纪80年代后期,得益于制造业的快速发展和国外新技术的引进,我国模具工业开始快速发展起来。现今世界模具市场总体上供不应求,市场需求量维持在600亿至650亿美元,这给中国的模具产业迎来了新一轮的发展机遇。

目前,我国17 000多个模具生产厂点,从业人数约50多万。1999年我国模具工业总产值已达245亿元人民币。工业总产值中企业自产自用的约占三分之二,作为商品销售的约占三分之一。在模具工业的总产值中,冲压模具约占50%,塑料模具约占33%,压铸模具约占6%,其他各类模具约占11%。

由于模具产业是机械行业非常重要的基础产业,同时对于电气、电子信息等行业也有重要的支持作用,而这些行业对于整个国家的国民经济来说具有相当重要的作用。所以从某种程度上说,模具产业的发展水平能一定程度上代表一个国家国民经济的发展水平。近年来,我国模具行业发生了许多重要的变化:大型、精密、复杂、长寿命、中高档模具及模具标准件发展速度高于一般模具产品;塑料模和压铸模比例增大;专业模具厂数量及其生产能力增加;“三资”及私营企业发展迅速;目前发展最快、模具生产最为集中的省份是广东和浙江,江苏、上海、安徽和山东等地近几年也有较大发展。目前,国内已能生产精度达 $2\ \mu\text{m}$ 的精密多工位级进模,工位最多已达160个,寿命1~2亿次。在大型塑料模具方面,现在已能生产122 cm(48 in)电视的塑壳模具、6.5 kg大容量洗衣机的塑料模具,以及汽车保险杠、整体仪表盘等模具。在精密塑料模具方面,国内已能生产照相机塑料模具、多型腔小模数齿轮模具及塑封模具等。在大型精密复杂压铸模方面,国内已能生产自动扶梯整体踏板压铸模及汽车后桥齿轮箱压铸模。在汽车模具方面,现已能制造新轿车的部分覆盖件模具。其他类型的模具,例如子午线轮胎活络模具、铝合金和塑料门窗异型材挤出模等,也都达到了较高的水平,并可替代进口模具。

在我国,人们已经越来越认识到模具在制造中的重要基础地位,认识到模具技术水平的高低,已成为衡量一个国家制造业水平高低的重要标志,并在很大程度上决定着产品质量、效益

和新产品的开发能力。许多模具企业十分重视技术发展,加大了用于技术进步的投资力度,将技术进步视为企业发展的重要动力。此外,许多研究机构和大专院校开展模具技术的研究和开发。目前,从事模具技术研究的机构和院校已达 30 余家,从事模具技术教育的培训的院校已超过 50 余家。其中,获得国家重点资助建设的有华中理工大学模具技术国家重点实验室、上海交通大学 CAD 国家工程研究中心、北京机电研究所精冲技术国家工程研究中心和郑州工业大学橡塑模具国家工程研究中心等。经过多年的努力,在模具 CAD/CAE/CAM 技术、模具的电加工和数控加工技术、快速成形与快速制模技术、新型模具材料等方面取得了显著进步;在提高模具质量和缩短模具设计制造周期等方面作出了贡献。

虽然我国模具工业发展迅速,但与需求相比,显然供不应求,其主要缺口集中于精密、大型、复杂、长寿命模具领域。在整个模具设计制造水平和标准化程度上,与德国、美国、日本的发达国家相比还存在相当大的差距。例如,精密加工设备在模具加工设备中的比重还比较低,CAD/CAE/CAM 技术的普及率不高,许多先进的模具技术应用还不够广泛等等。特别在大型、精密、复杂和长寿命模具技术上存在明显差距,这些类型模具的生产能力也不能满足国内需求,因而需要大量从国外进口。

数控机床是当代最先进的制造工具之一,是推动制造技术进步的原动力。数控机床是以计算机为代表的现代技术与传统机床结合的产物,是各种现代先进制造系统(如 FMS、CIMS、RMS 等)的基础,也是当代模具制造的重要工具。

1.2 数控机床的发展和相关概念

1.2.1 数控机床的产生与发展

制造业是生产物质财富的产业,机床是制造业的主要生产设备,制造业中的绝大多数零件都直接或间接地经过机床加工,因此机床(也称工作母机)是制造业的基础。机床的出现很早,甚至可以上溯到公元前。但是直到工业革命,机床才得到了飞速的发展。工业革命以来,人们在实现机械加工自动化的过程中,创造了自动机床、组合机床、专用机床以及专用自动生产线等。这些设备的使用大大提高了机械加工自动化的程度,提高了劳动生产率,促进了制造业的发展。但它也存在固有的缺点,比如:初始投资大、准备周期长、柔性差。所以这些机床主要适合大批量的生产。随着科学技术的不断进步和社会生产的不断发展,市场竞争的日趋激烈,产品更新换代周期缩短,小批量产品的生产所占的比重越来越大,人们对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。在航空、航天、重型机床以及国防工业部门尤为突出。因此,迫切需要一种精度高、柔性好的加工设备来满足上述需求,这是机床数控技术产生和发展的内在动力。另一方面,电子技术和计算机技术的飞速发展则为 NC 机床的发展提供了坚实的技术基础。NC 技术正是在这种背景下诞生和发展起来的,它极其有效地满足了上述要求,为小批量、精密复杂的零件生产提供了自动化加工手段。

1948 年,美国帕森斯公司接受美国空军委托,研制直升飞机螺旋桨叶片轮廓检验用样板

的加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。1949年,该公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于1952年试制成功第一台三坐标数控铣床,其数控系统采用脉冲乘法器原理,全部由电子管元件组成,虽然体积庞大,功能简单,但却意义重大,标志着机械制造业进入了一个新的发展阶段。

1959年,数控装置采用了晶体管元件和印刷电路板,出现带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心(MC Machining Center),使数控装置进入了第二代。

1965年,出现了第三代的集成电路数控装置,不仅体积小,功率消耗少,且可靠性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。

60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称 DNC),又称群控系统;采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称 CNC),使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974年,研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称 MNC),这是第五代数控系统。

20世纪80年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置;数控装置更趋小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

20世纪90年代后期,出现了PC+CNC智能数控系统,即以PC机为控制系统的硬件部分,在PC机上安装NC软件系统,此种方式系统维护方便,易于实现网络化制造。

随着科学技术的发展,先进制造技术的兴起和不断成熟,对数控技术提出了更高的要求,引导着数控技术向以下方向发展:

1. 高速高精化

高速化是指数控机床的高速切削和高速插补进给,目标是在保证加工精度的前提下,提高加工速度。高速化在很多时候是航空航天制造业的必备条件。高精度是指数控机床能够达到高的分辨率、定位精度、重复定位精度等。随着生产力的不断进步,特别是一些特殊行业的不断发展,对零件的加工质量要求越来越高,这就必然要求数控机床实现高精化。

2. 智能化

数控机床的智能化主要是指通过自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家系统等技术让数控机床能够具有一定的人工智能,从而提高自动化程度、提高生产效率。这就要求加工设备不仅提供“体力”,也有“头脑”,能够独立自主地管理自己,并与企业的管理系统和人通信,从而使企业管理人员和操作者、供应商和用户能够随时知道机床的状态和加工能力。

3. 开放性

理想的开放式数控系统应为数控软、硬件均可选择、可重组、可添加,这就要求具有统一的软硬件规范化标准。目前世界上主要有美国的NGC(The Next Generation Work-Station/Machine Control)、欧共体的OSACA(Open System Architecture for Control within Automation Systems)、日本的OSEC(Open System Environment for Controller),中国的ONC(Open Numerical Control System)等几个组织在进行开放式数控系统标准规

范的制定。

4. 可重构

数控机床的可重构,是指用户可以根据所生产产品的变化对机床的结构、布局、加工功能进行改变,而且每次重构都要力求做到基本上无冗余功能。机床的核心是使用过程中的可重构性,也就是机床重构需要通过改变某些功能部件才能实现,因此要求可重构机床一定是模块化机床,而且应当是以用户为中心的模块化机床,即组成机床的软、硬件模块必须遵守国家或行业标准,特别是各模块之间要具有标准化的接口,与制造系统的接口也应是标准化的。

1.2.2 数控的相关概念

1. 数字控制(numerical control,简称 NC)

我们使用 GB8129—1997 对数控的定义:用数值数据的控制装置,在运行过程中不断地引入数值数据,从而对某一生产过程实现自动控制。

2. 数控机床(NC machine Tools)

数控机床是指操作命令以数值数据的形式描述,且工作过程按照规定的程序自动进行的机床。

这里的“操作命令”是指控制机床产生各种动作的命令。如“主轴以 1 000 r/min 正转”,“刀具加工圆弧”等,将这些命令数字化,并且每个命令作为一行程序,如果机床能够自动地依照这些程序来动作,那么这种机床就是数控机床。

也可以认为,数控机床就是采用了数字控制技术的机床。

3. 数控系统(NC system)

广义上来讲,我们通常将计算机数控装置、可编程序控制器(PLC)、进给驱动及主轴驱动装置等相关设备总称为数控系统。狭义上来讲,有时仅指其中的计算机数控装置。

4. 计算机数控系统(CNC)和微处理器数控系统(MNC)

计算机数控(computerized NC,简称 CNC)是用计算机控制加工功能,实现数值数据控制的系统。

微处理器数控(micro-computerized NC,简称 MNC)是指用微处理器构成计算机数控装置,进行数值数据控制的系统。

1.3 数控机床的组成和特点

1.3.1 数控机床的组成

数控机床一般由数控系统、包含伺服电动机和检测反馈装置的伺服系统、强电控制柜、各类辅助装置和机床本体组成,如图 1-1 所示。

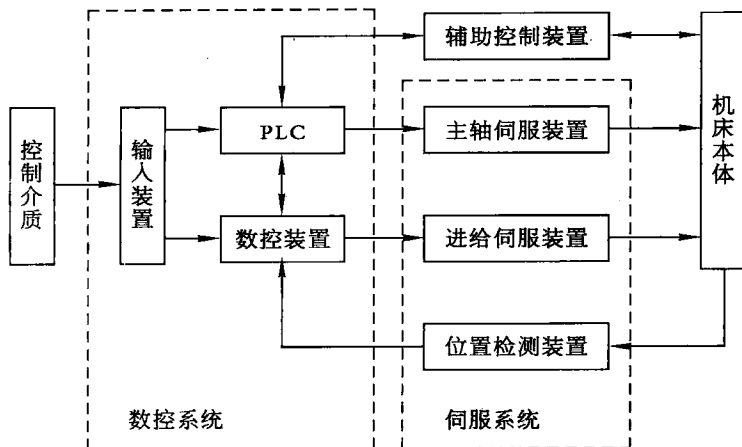


图 1-1 数控机床基本结构

数控装置是数控系统的核心,也是数控机床的核心。它能从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过编译、运算处理后,输出控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

伺服系统是数控系统和机床本体的联系环节,它把来自数控系统的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服单元还包括位置检测装置,通过位置检测装置伺服系统能够对机床移动部件进行实时监控,将其位移和速度信息反馈给数控系统。从某种意义上说,数控机床功能的强弱主要取决于数控装置,而数控机床性能的好坏主要取决于伺服系统。

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号,经过翻译、逻辑判别和运算,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启停,工件和机床部件的松开和夹紧,分度工作台的转位分度等开关辅助动作。当今数控机床已广泛采用可编程控制器(PLC)作为辅助控制装置。

数控机床的本体指其机械结构实体。数控机床在整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面与普通机床相比,都发生了很大的变化。它们普遍采用高性能主轴及主传动部件,采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等高效进给传动件,具有完善的刀具自动交换和管理系统,机床本身具有很高的动、静刚度。

1.3.2 数控机床的特点

1. 精度高、稳定可靠

数控机床是按数字形式给出的指令进行加工的,不需人工干预,这就消除了操作者人为造成的误差。数控机床本身的刚度好,精度高,精度保持性好,零件的加工一致性好,质量稳定可靠;数控机床还可利用软件进行误差补偿和校正,这也保证了数控加工的高精度。

2. 柔性高

数控机床的加工范围广,具有良好的适应能力。当加工对象发生改变时,只需要将加工程

序做修改,并按相应工艺要求做准备就可以了,不需要改变机床。特别是在航空航天工业上经常会遇到的小批量的异形零件,这就特别适合甚至只能用数控机床进行加工。

3. 生产率高

数控机床可以采用比普通机床更大的切削用量、更快的移动速度、更短的换刀时间,这些都可以大大地缩短数控机床的加工时间和辅助时间。同时数控机床可以实现自动化加工、多道工序连续加工等,大大提高了生产效率。综合而言,数控机床的加工效率一般为普通机床的3~5倍,对某些复杂零件的加工,生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。

4. 劳动条件好

机床自动化程度高,操作人员劳动强度大大降低。另外,数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,劳动条件大为改善。

5. 有利于管理现代化

数控机床可以方便地实现和计算机的连接,并实现多个机床的联网,从而可以采用中央计算机对多个数控机床进行控制,实现生产管理的现代化。

1.4 数控技术在模具加工中的应用

模具是成型工具的总称,用模具大批或成批生产工业制品,具有生产率高、质量好、节约原材料和成本低等优点,已成为制造业的重要工艺装备。模具制造的主要特点是单件小批生产、品种多、技术要求高。随着机电产品更新换代速度的加快和需求的多样化,用户对模具的交货期、质量和成本提出了越来越高的要求,其中交货期的长短已成为决定竞争成败的首要条件。为了满足模具制造技术的特定要求,数控机床的应用已成为模具加工的重要手段。

1.4.1 高速铣削技术在模具加工中的应用

在上世纪90年代中期,高速铣削工艺引入模具制造,是模具制造技术的一次重大变革。通过高速硬铣工艺对一次装夹下的模具进行综合加工,有着以下优点:可大幅度减少加工时间;提高产品的表面质量和加工精度;简化生产工艺流程,显著缩短模具的制造周期;降低模具的生产成本。高速铣削技术的出现为模具制造带来了新的发展机会,尤其在中小型精密塑料模具加工中显示了巨大的优势。

1. 简化模具加工工艺,缩短模具的交付时间

高速切削可以采用更高的切削速度、更小的切削深度(切深一般在0.02~0.1 mm,使用细小刀具直径,如0.3~0.8 mm直径刀具时,切深更小至0.008~0.02 mm)、更密的刀具轨迹,这些都可以大大地简化模具加工工艺,减少加工时间,同时还可以大大减小加工表面的粗糙度。以快速精细的轻切削代替常规的缓慢的重切削,还会大大简化以后的工序。例如手工抛光时间可缩短60%~100%,也可减少EDM的工序与时间,这种优点已经在许多国外模具厂商处得到了真实反映。

2. 提高薄壁结构的加工能力和细小圆角清根的能力

由于高速铣削机床大大提高了主轴转速和主轴的动平衡性能以及机床的稳定性,在同样的刀具直径下,可得到更大的切削速度,同时大大降低切削区域的切削力,这样在刀具与工件表面可实现轻切削的加工方式。所以可加工 0.1 mm 以上的薄壁或筋,同时对精密模具的小圆角清根带来极大的方便,甚至在模具材料硬度达 54HRC 时,使用直径 0.3 mm 的刀具进行铣削操作依然能得到满意的切削效果。

3. 提高零件加工精度

1931 年 4 月德国物理学家 Carl. J. Saloman 最早提出了高速切削(High Speed Cutting)的理论,并于同年申请了专利。他指出,在常规切削速度范围内,切削温度随着切削速度的提高而升高,但切削速度提高到一定值之后,切削温度不但不会升高反而会降低,且该切削速度与工件材料的种类有关。由于实验条件的限制,当时高速切削无法付诸实践,但这个思想给后人一个非常重要的启示:与传统的切削方式相比,高速铣削的切屑形成方式不同,产生的绝大部分的热量由切屑带走,热量不会聚集在加工区域,同时走刀速度比常规走刀速度要快得多,热量更不容易聚集,材料热变形小得多,保持比较恒定、理想的切削条件,从而保证了工件的加工精度。

随着这几年高速铣削技术的发展,高速铣削的外部环境也越来越完善。刀柄、冷却系统、机床结构、主轴转速的不断提高,应用技术的累积等,使得高速铣削技术的性价比越来越高。由于高速铣削刀具的不断推陈出新,新的涂层、新的工艺的不断被采用,切削材料硬度的不断提高,使得被加工的模具材料能选用越来越硬的材料。目前带动平衡的高速铣刀能切削超过 64HRC 的淬硬钢材,提高了模具的合模次数。目前拥有高速加工中心的模具厂商普遍采用在普通机床上进行大余量、大刀具的粗加工,然后进行热处理,最后在高速机床上进行半精加工和精加工,在提高了精度和效率的同时尽可能地降低加工成本。

1.4.2 电火花加工技术在模具加工中的应用

电火花加工技术在模具制造过程中被赋予越来越高的加工要求。同时在数控加工技术发展新形势的影响下,促使电火花加工技术朝着更深层次、更高水平的数控化方向快速发展。虽然模具高速加工技术的迅猛发展使电加工面临着严峻的挑战,目前放电加工技术部分工序已被高速加工中心代替,但电火花加工依然有着广阔的前景。如在模具的复杂、精密小型腔、窄缝、沟槽、拐角、盲孔、深度切削等加工领域仍被广泛应用。同时这项技术一直被改进和提升,使放电加工技术在模具工业中经久不衰。

先进制造技术的快速发展和制造业市场竞争的加剧对数控电火花加工技术提出了更高要求,同时也为其提供了新的发展动力。随着数控电火花加工技术的不断发展,各种新型数控电火花机床层出不穷。世界上著名的电火花机床厂家(如瑞士阿奇、瑞士夏米尔、日本沙迪克、日本牧野、日本三菱等)都在新型电火花机床的研制上投入了大量的精力。如今,电火花机床的发展方向主要是精密化、自动化、智能化、高效化等。

1. 精密化

现在数控电火花机床正日益朝着高精密化的方向发展,在尺寸精度、仿形精度、表面加工