

数字化数控立铣刀设计与制造系统

Digital Manufacture System of NC End-Milling Cutter

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司 唐臣升



唐臣升

研究员级高工,硕士,主要从事金属切削刀具以及金属切削加工技术、数控加工技术的研究工作。中国机械工程学生产工程分会切削专业委员会委员、中国刀具协会会员。独立或主持完成中国航空工业省级、市级科研项目 20 多项。曾多次荣获中国航空工业辽宁省沈阳市科技成果和科技论文奖项;获得国家发明专利 2 项(其中 1 项专利还荣获中国国际发明博览会金奖),获申请号发明专利 6 项,2 项授权实用新型专利,获申请号实用新型专利 9 项;获得国家软件著作权保护 4 项;发表核心期刊论文 2 篇。

随着科学技术的发展,国内外刀具技术发展迅猛,刀具材料、加工工

本文介绍的“数字化数控立铣刀设计与制造系统”是具有优化数据库参数化设计的软件,该系统主要包括参数化数控立铣刀 CAD/CAPP/CAM 软件以及刀具图纸数据库、刀具工艺规程数据库、刀具优化参数数据库,并进行系统的钛合金数控加工参数优化试验。

艺以及涂层技术日益更新。数字化制造技术是制造业发展的必然趋势,刀具制造技术也不例外。虽然 CAD/CAPP/CAM 系统在大多行业得到了广泛的应用,但刀具技术的专业性很强;虽然国外某些专业的刀具制造厂具有螺旋刀具的 CAM 技术,但该 CAM 技术是通过机床上的功能模块实现的。目前市场上的 CAD/CAPP/CAM 软件大多都是基于通用性设计,而具体的图纸和工艺规程设计还靠手工操作,工作效率很低,而且设计的质量还受操作者的水平及情绪等因素影响。各行各业的产品结构特点、工艺方法、工艺文件的格式要求等均不相同,只能在某一具体行业,甚至具体一类产品上才能实现优质高效的 CAD/CAPP/CAM,很难有哪个 CAD/CAPP/CAM 能包罗万象而又优质高效。由于刀具技术的专业性很强,即使 PROE、UG 以

及 CATIA 等软件都没有刀具方面的 NC 加工后置处理功能^[1-4]。

因此,稳定刀具设计、加工、检验技术,实现优质高效的 CAD/CAPP/CAM 是刀具技术发展的必然趋势。

本项目的目的就是研究具有先进性的数控立铣刀设计和加工技术以及刀具优化参数库的“数字化数控立铣刀设计与制造系统”,以改变数控刀具制造技术落后以及数控加工效率低的现状。

本项目的意义:(1)建立稳定可靠的数控立铣刀制造系统;(2)填补国内数控立铣刀 CAM 的空白(发明专利授权号:200310117179.0);(3)完善系统的数控立铣刀结构参数及其加工参数优化参数库;(4)显著的技术经济效益;(5)广泛的推广价值。

系统介绍

本文介绍的“数字化数控立铣

刀设计与制造系统”是具有优化数据库参数化设计的软件,该系统主要包括参数化数控立铣刀 CAD/CAPP/CAM 软件以及刀具图纸数据库、刀具工艺规程数据库、刀具优化参数数据库,并进行系统的钛合金数控加工参数优化试验。

本系统的核心技术是包络法数控加工技术而不是成型加工法,采用该技术加工螺旋槽使被加工刀具具有较高的加工效率和精度,较好的表面粗糙度,结构强度高及齿形结构刚性好等优点。同时,该技术实现了用盘铣刀取代了种类繁多的成型铣刀加工螺旋沟槽的工艺,减少了每把成型铣刀的加工成本及相应的库存量。此外,盘铣刀的返修加工也比成型铣刀简化得多,并且可以用平砂轮取代成型砂轮,减少成型砂轮的成本。

该系统中的参数化数控立铣刀 CAD/CAPP/CAM 改变了传统刀具设计、刀具加工工艺以及刀具加工程序的手工操作为基于数据库的参数化数字化数控立铣刀设计及制造系统。刀具设计和工艺施工人员只要通过计算机界面从键盘输入刀具的主要几何参数以及技术条件,那么,计算机将自动设计出数控立铣刀的图纸、加工的工艺规程以及刀具螺旋槽数控加工的 NC 程序,并且自动完成各种文件设计所需要的参数调用、计算以及传送等功能。

因此,该系统大大地提高了数控立铣刀设计与制造的效率和质量,因而也达到了提高经济效益的目的。

研究内容

1 参数化数控立铣刀 CAD/CAPP/CAM 设计

1.1 智能化数控立铣刀 CAD 设计

(1) 参数化 CAD 软件界面: 该界面具有刀具结构特征的选择、刀具特征结构参数的输入、被加工材料及其热处理状态的选择。

(2) 刀具“图素元”模块: 该模

块主要包括整体高速钢数控立铣刀、对焊高速钢数控立铣刀以及整体硬质合金数控立铣刀的“图素元”。

(3) CAD 知识库模块: 该模块主要包括相关的制图标准、刀具的优化参数库及其数控加工切削参数库。

(4) 刀具图纸设计模块: 该模块是该 CAD 的主体,主要完成数控立铣刀的图纸设计。

1.2 智能化数控立铣刀 CAPP 设计

(1) 参数化 CAPP 软件界面: 该界面具有刀具结构特征选择、刀具特征结构参数输入、毛料尺寸计算。

(2) 刀具“加工元”模块: 该模块主要包括整体高速钢数控立铣刀、对焊高速钢数控立铣刀以及整体硬质合金数控立铣刀的“加工元”。

(3) CAPP 知识库模块: 该模块主要包括相关标准、企业的工艺技术规范。

(4) 工艺文件设计模块: 该模块是该 CAPP 的主体,主要完成数控立铣刀的工艺设计。

1.3 智能化数控立铣刀 CAM 设计

(1) 参数化 CAM 软件界面: 该界面具有刀具结构特征的选择、刀具特征结构参数以及槽铣刀或平砂轮结构参数的输入、刀具螺旋沟槽的计算与模拟。

(2) 加工参数计算模块。

(3) 螺旋槽截形模拟模块。

(4) 螺旋槽加工数控程序设计模块。

2 系统软件设计方案

传统的刀具设计和工艺施工多数是在做重复而繁琐的手工绘图和工艺编写以及下料计算等工作,这种方法不但工作效率低而且还容易出现错误,而且现有的工艺单中的焊接下料工序还是分离的,这样的工艺规程不但零散而且也不方便,因此不便于技术文件的管理,生产的刀具质量也好坏不一。所以要设计数控立铣刀的 CAD/CAPP/CAM 软件。

新系统的设计思想是,刀具设计

和工艺施工人员只要通过计算机界面,从键盘输入刀具的主要几何参数以及技术条件,计算机将自动设计出数控立铣刀的图纸、加工的工艺规程以及刀具螺旋槽数控加工的 NC 程序,自动完成各种文件设计所需要的参数调用、计算以及传送等功能。

这样就可以实现数控立铣刀设计、工艺规程以及刀具螺旋槽数控加工的 NC 程序的参数化动态设计。这不仅可以大大地提高工作效率,而且还尽可能地减少了数控立铣刀的图纸、加工的工艺规程以及刀具螺旋槽数控加工的 NC 程序设计的误差,从而也实现了利用软件来提高计算机解决实际问题的目的。

该软件用 Visual Basic 语言为设计平台,同时,与 AutoCAD、Word 以及 Access 软件相互连接,以达到参数化 CAD/CAPP/CAM 软件的要求。系统总体逻辑如图 1 所示。

3 系统软件

该系统的数学模型包括建立如何将这加工元有序地组合成每道工序的逻辑数学模型;建立如何将这“图素元”有序地组合成刀具图纸的逻辑数学模型;建立该工艺和设计参数数据库的数学模型;建立各种工艺参数及图纸设计参数自动查找和计算的数学模型。

软件设计主要包括参数化螺旋槽数控立铣刀 CAD/CAPP/CAM 软件以及数据库的设计。该系统是以 Visual Basic 语言实现主体软件设计,并驱动 AutoCAD 进行二维刀具图纸绘图;驱动 Word 进行刀具加工工艺规程和螺旋槽数控加工 NC 程序设计,并实现工艺参数与数据库之间的数据交换^[5-8]。

3.1 CAD 软件

(1) CAD 数学模型^[9]。

CAD 数学模型设计的核心工作是实现数控立铣刀“图素元”设计。提取数控立铣刀的材料及其结构特征参数,最后,根据所提取的数控立

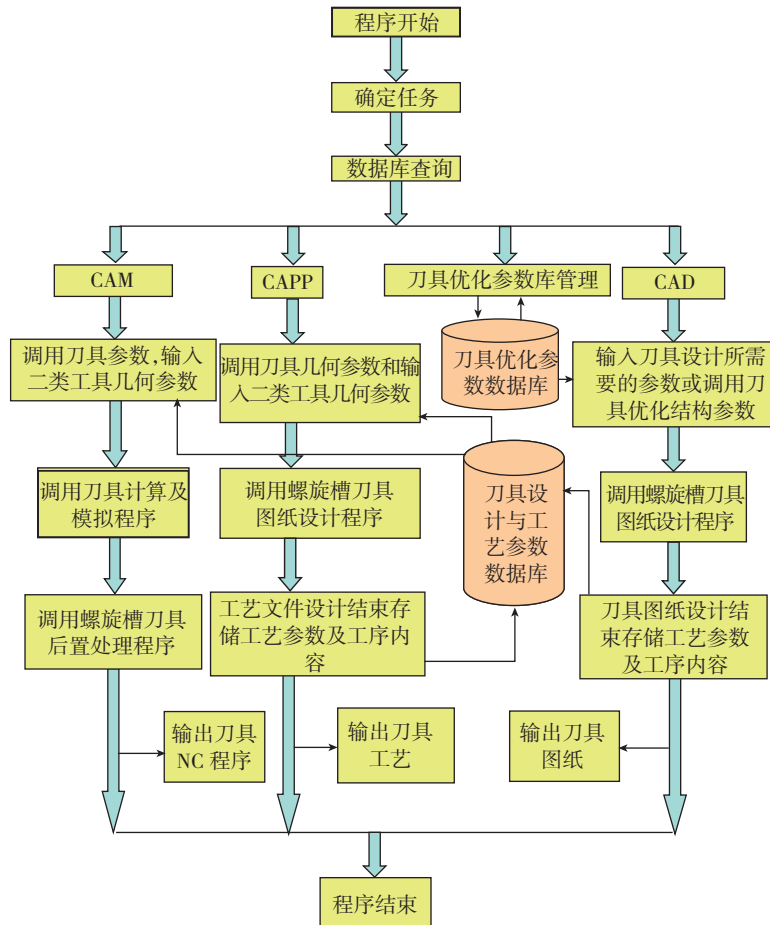


图1 系统总体逻辑图

铣刀材料及其结构特征完成其“图素元”设计。

数控立铣刀的材料特征主要有整体合金立铣刀、镶合金刀片数控立铣刀、整体高速钢数控立铣刀等；结构特征主要有刃部外形特征、立铣刀圆周刃与端刃连接部分的特征、立铣刀柄部特征、立铣刀柄刃连接部分特

征等。图2是数控立铣刀特征参数选择界面。

(2)“图素元”转化为“程序元”。

通过分类确定下来的“图素元”可以进一步将各“程序元”具体化,就是将每一个“图素元”分别对应一个“程序元”,刀具图纸设计人员在选择刀具结构和输入几何参数的同时也选定了与结构和参数相对应的若干个“程序元”,由这若干个程序元驱动 AutoCAD 分别画出对应参数和结构的刀具图纸的各个部分,最后按照逻辑关系有序的组成最终的刀具图纸。图3是特征参数输入及数据库调用界面。



图2 数控立铣刀特征参数选择

3.2 CAPP 软件

该 CAPP 模块完工后工艺施工人员只要通过计算机界面,用鼠标选取刀具结构特征并用键盘输入刀具的主要几何参数以及技术条件,那么计算机将根据工艺施工人员所选则的刀具加工特征,由程序自动判断设计出数控立铣刀加工的工艺规程,并且自动完成刀具下料尺寸计算和毛料重量计算等等,最终显示在工艺规程上。这样就可以实现数控立铣刀工艺规程的参数化动态设计。这里主要包括两大部分,即:自动下料程序和自动加工工序生成程序。图4是 CAPP 参数输入、输出及工艺文件生成界面。

3.3 CAM 软件

首先,该 CAM 软件根据所输入的刀具直径、刀具实芯直径、齿数、前角、后刀面宽度、螺旋角以及平砂轮或槽铣刀的直径、角度、宽度等参数,调用刀具螺旋槽加工参数与模拟软件计算出螺旋槽加工所需要的参数。

其次,该 CAM 软件根据刀具加



图3 CAD特征参数输入及数据库调用

工数控设备控制系统以及相关机床参数,自动设计出螺旋槽数控及加工程序。图5是 CAM 工艺参数计算与模拟界面。

刀具参数优化试验

刀具参数优化是一个系统而又复杂的工作,影响刀具切削性能的因

素很多,须先制定一个系统的参数优化试验方案,确定最佳的试验方法。

影响刀具切削质量和效率的因素很多,如机床及其机床附件、工装夹具、零件材料及其结构特征,切削方式、刀具材料及其结构参数,冷却液等,而主要影响因素有被加工材料、零件结构、工序特征、刀具材料及其结构参数等。



图4 CAPP参数输入、输出及工艺文件生成界面

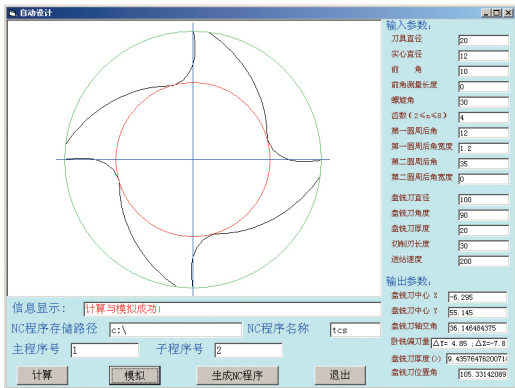


图5 CAM工艺参数计算与模拟界面

本次优化试验的被加工材料是钛合金材料,试验件的结构刚性较好,切削方式分开槽和台阶两种。通过系统的切削试验确定最佳的刀具材料,并对刀具的主要结构参数(前角、后角、螺旋角等)进行优化,极大地提高钛合金的加工效率和质量。

优化参数数据库

1 数据库介绍

建立刀具结构参数及加工参数数据库,将优化试验而得到的刀具结构参数及加工参数录入到数据库中,

从而实现刀具设计时的优化参数调用,确保刀具设计参数的准确性和实用性。然后,通过VB的库链接控件实现数据的动态链接。

2 数据库调用

在该CAD软件中,参数化数控立铣刀设计包括专家模式和自动模式。专家模式是手工选择或输入所设计刀具的参数,而自动模式是从数据库选取相关的刀具参数。

数据库的调用,必须输入必要的刀具特征结构参数,如刀具材料结构、刀具刃部的端角、刀具的齿数、刀具的柄部直径及被加工零件的结构特征和加工工序类型等参数。这样能够在数据库中找到所要设计刀具的最佳结构参数及其他相关信息。接着,将在数据库中找到所要设计刀具的最佳结构参数及其他相关信息传递到CAD软件设计界面。最后,根据已提供的数控立铣刀的结构参数及相关信息进行刀具设计。

3 数据库录制与更新

对于数据库中不存在的数据,该软件也可以将新的数据记录输入到数据库中,从而实现了数据库的数据录制功能。由于刀具材料及其结构的改进而提高了刀具的切削参数,则可以对原有的同类数据进行更新。

关键技术及创新点

1 专利制造技术

该专利技术实现了用简单的盘铣刀(或平砂轮)取代成型盘铣刀(或成型砂轮)加工刀具螺旋槽。该技术加工刀具螺旋槽是“展成加工”法,而不是“成型加工”法,被加工刀具具有较高的加工精度和较好的表面粗糙度,结构强度高以及齿形结构刚性好等优点。该技术将大大地缩短

刀具的加工周期,最终达到提高经济效益的目的。

2 研究出螺旋刃前角量化设计和加工的方法

改变了传统的近似螺旋刃前角计算和加工方法,取而代之的是精确的螺旋刃前角计算和加工方法。该方法的实现依赖于具有自主知识产权的专利加工技术,并且,准确定义了螺旋刃前角的测量长度,为提高刀具的制造精度,稳定刀具的加工质量,有着深远的意义。

3 建立加工钛合金数控立铣刀结构参数及其加工参数优化数据库

通过系统的刀具结构参数及其加工参数的优化试验,建立了加工钛合金数控立铣刀结构参数及其加工参数优化数据库,从而使参数优化后的加工钛合金数控刀具达到优质高效的目的,使钛合金数控切削效率比以前提高20%~40%。

结论

实践证明,该系统中的参数化数控立铣刀CAD/CAPP/CAM软件具有效率高、速度快以及运行稳定等优点,已经在本公司得以应用与验证。原来每个工艺文件手工设计需要1小时,而现在只需要2~3min;原来每个刀具图纸手工设计至少需要8h,而现在只需要5~6min。数控加工程序也是从无到有,而且,只需40~50s的时间就可以设计出螺旋沟槽数控加工程序。因此,极大地提高了数控立铣刀图纸设计、工艺文件设计以及螺旋沟槽数控加工程序设计的效率,同时,为改进现有的数控刀具的制造技术做出了贡献。该系统同样适用于其他行业,因此,该软件具有广泛的推广价值。

本文共有参考文献9篇,因篇幅所限,未能一一列出,读者如有需要,请向本刊编辑部索取。

(责编 可岚)