DOI:10.13957/j.cnki.tcxb.2002.02.009
第23卷第2期 陶瓷学报 Vol.23,No.2
2002年6月 JOURNAL OF CERAMICS June.2002

文章编号:1000－2278(2002)02－0119－04

陶瓷气中放电加工性能预测及加工参数优化仿真系统

毕进子 张勤河 张建华 张勤俭 秦 勇

(山东大学)

摘 要

建立了电火花气中放电陶瓷加工性能预测及加工参数优化仿真系统。该仿真系统可以实现较高精度地预测气中放电加工后的性能指标,并能实现加工参数的优化及进行优势因素分析。通过建立简易工艺数据库,该系统可适用于其它介质中的火花放电加工,有助于提高电火花气中放电加工自动化程度和开发智能化加工系统。

关键词 气中放电,陶瓷加工,仿真系统,性能预测,参数优化

中图法分类号:TQ174.75^{+}8 **文献标识码**:A

SIMULATION SYSTEM FOR PREDICTING MACHINED QUALITY AND OPTIMIZING MACHINING PARAMETERS OF ELECTRIC DISCHARGE MACHINING IN GAS

Bi Jinzi Zhang Qinhe Zhang Jianhua Zhang Qinjian Qin Yong

(Shandong University)

Abstract

A simulation system is developed to predict machined quality and optimize machining parameters of electric discharge machining ceramics in gas. The system can forecast the machined quality of electric discharge machining in gas with higher precision. In addition, the system can optimize machining parameters and analyze the dominant factors. Through the establishment of the process database, the simulation system is applicable to electric discharge machining in other medium, it is a help to raise the automation of electric discharge machining and develop the intellectualized system.

Keywords electric discharge machining in gas, ceramics machining, simulation system, quality forecast, parameter optimization

1 前 言

电火花放电加工是陶瓷加工的主要手段,它利用两极间脉冲火花放电产生大量的热能,熔化、蒸发和抛出电极材料,达到加工工件的目的[1]。自从1943年前苏联科学家拉扎林科夫妇发明电火花加工方法(Electric Discharge Machining,简称EDM)以来,经过半个世纪的研究和开发,电火花加工已成为一种极为重要的加工手段。它在机械、宇航、电子、仪器、轻工、汽车等领域获得了广泛的应用。近年来,随着现代科学技术,尤其是微电子、自动控制和计算机技术的不断进步,电火

收稿日期:2001－03－03
基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:50075048)
作者简介:毕进子,山东大学机械工程学院硕士研究生,济南:250061

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

花加工技术得到了飞速发展[2]。

一般认为,液体绝缘性工作液(如煤油或去离子水等)在电火花加工中是不可替代的,其在加工中所起的冷却、排屑和压缩放电通道等作用,使得电火花加工得以稳定可靠的进行。但液中放电加工也同样带来了加工设备庞大复杂、电极损耗较大等显而易见的缺点。气中放电加工是以高压气体作介质实现工具与被加工工件间的放电。加工中高速流动的气体带走融化或汽化的工件材料,并使放电点迅速冷却,避免熔融的被加工材料粘附到工具电极或工件电极表面。气中放电加工是很有发展前景的加工方法,将引起电火花加工工艺和设备本身产生革命性的变化。日本东京农工大学国枝正典等人对此种加工方式进行了研究,并取得了令人振奋的实验结果[3]。

由于气中火花放电加工机理过于复杂,至今也未能真正从理论上解决各种加工参数对加工性能的影响关系。经验公式的过于简单又往往使预计结果和实际相差甚远。实际上加工参数选择在很大程度上还是依靠操作者的经验得到的,而这些依据经验选取的参数未必是最优参数。因此在一定条件下的加工性能达到最优,这是工程技术人员期望得到的。

作者在研究气中放电加工新方法的基础上应用面向对象的软件开发方法,自行设计开发气中放电加工陶瓷性能预测及加工参数优化仿真系统,目的是使气中放电的计算和分析变得简单和方便。

2 仿真系统的结构

电火花气中放电加工陶瓷性能预测及加工参数优化仿真系统结构如图 1 所示。系统主要包括以下几个

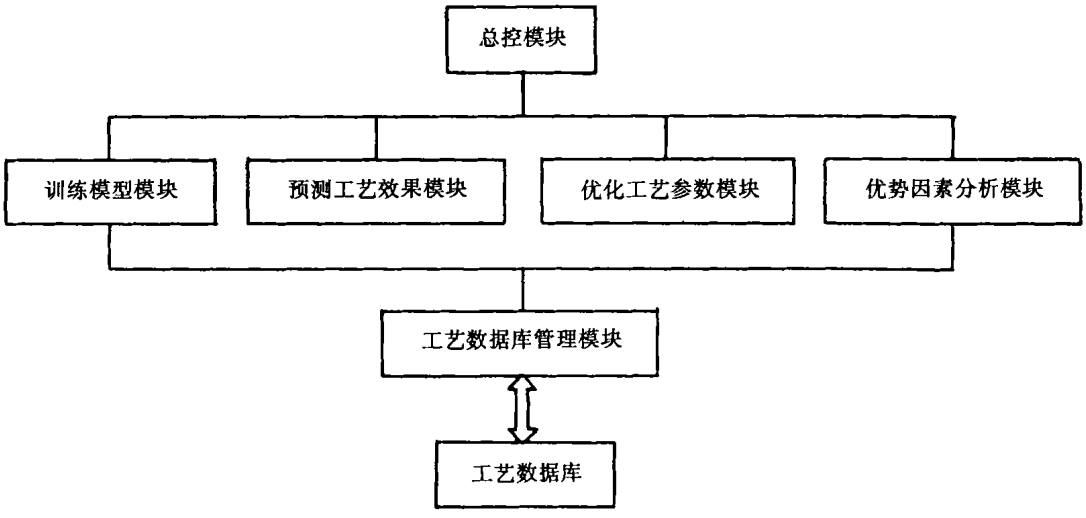

图 1 系统结构图

Fig. 1 System structure diagram

模块。

(1)训练模型模块。针对不同的机床和加工工艺条件,用户可通过工艺数据库管理模块,新建工艺数据库或者对已有工艺数据库进行操作。以工艺数据库为样本库,训练人工神经网络,就可得到相应的预测和优化模型[4]。

(2)预测工艺效果模块。对设定的加工条件,使用所建立的预测模型,预测出加工工艺的工艺效果。

(3)优化工艺参数模块。输入期望的加工工艺效果,运行优化模型,得出最优的加工参数。

(4)优势因素分析模块。运用灰色关联矩阵分析方法,对不同加工方法的输入参数和输出性能进行灰色关联分析,找出优势因素。

目前,用 Visual Basic 6.0 开发的该仿真系统已初步应用于气中放电加工实验中,并得到认可。

3 仿真系统的实现与验证

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.1 仿真系统的实现

下面以电火花气中放电成形加工为例说明该仿真

系统四个主要模块的软件实现方式。用户调节的主要参数为脉冲宽度、脉冲间隔、脉冲峰值电压和气体压力。工艺效果评价指标主要为加工速度、表面粗糙度和电极损耗率。在电火花成形加工机床上，针对工程陶瓷、硬质合金和铁基合金，对工件进行工艺实验，建立相应的工艺数据库(即预测和优化模型的样本库)。

(1)工艺效果预测模型

利用 BP 神经网络对输入输出的映射能力以及能进行自学习的特点，建立气中放电加工工艺效果预测模型。所建的 BP 网络结构为 4－8－3。BP 网络采用改进的 δ 学习规则进行训练，直至网络误差达到精度要求。使用所建立的预测模型，对给定的加工参数，可预测出相应的工艺效果。预测模型不仅适用于稳定加工区的加工参数，而且适用于不稳定加工区的加工参数以及实际加工难于实现的条件。

(2)优化工艺参数模型

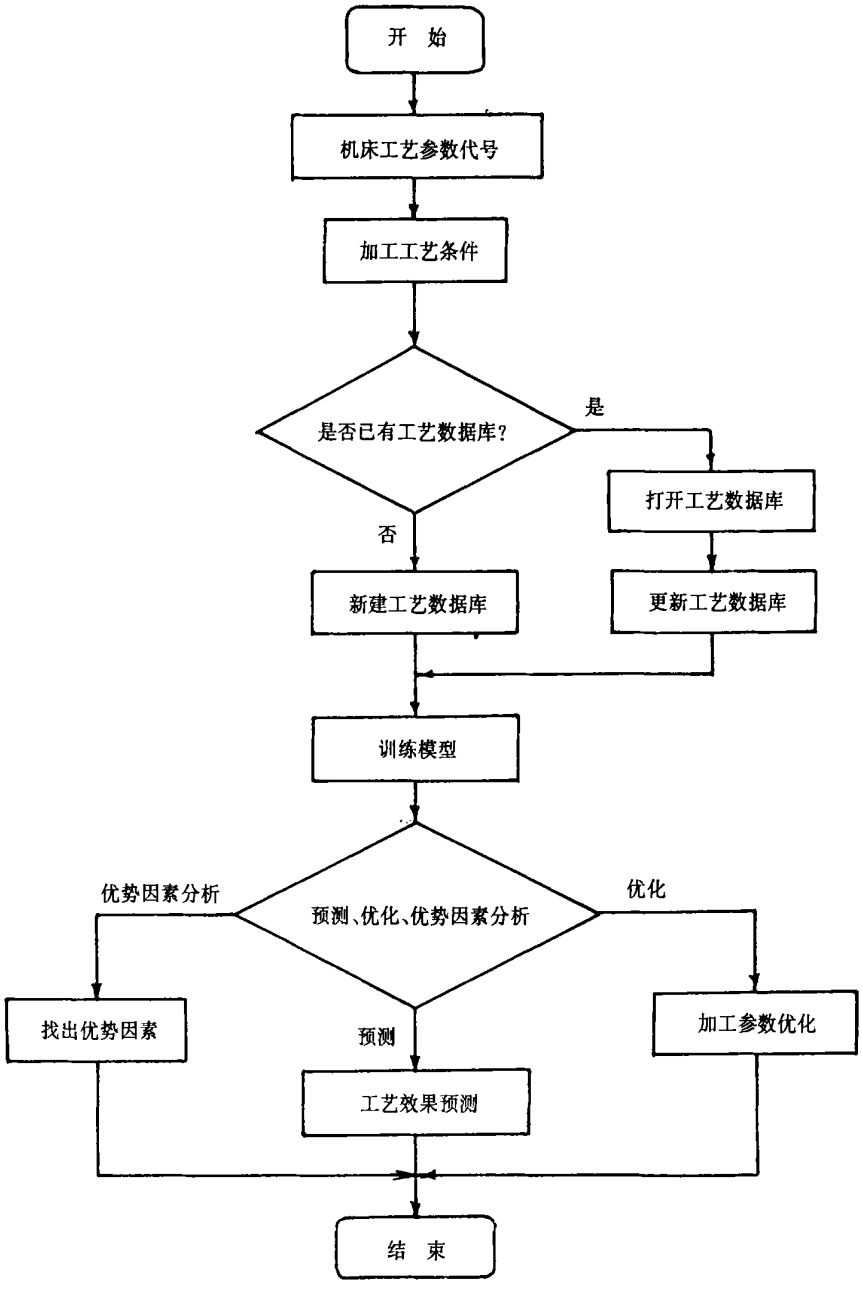

图 2 仿真系统通用性实现流程

Fig. 2 General flow of simulation system

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

加工工艺参数的优化目标是在给定加工性能前提下优化出相应的加工参数。优化模型采用基因遗传算法，不需对目标函数作加权平均，可以直接对所有目标函数同时进行优化，避免了其它算法建立数学模型的复杂性和局限性。

(3)优势因素分析模型

利用优势因素分析模型可分析出某个加工参数对于某项性能指标为其优势因素，或者某个加工参数对于所有性能指标均为优势因素。该模型使用邓聚龙教授创立的灰色系统理论中的灰色关联矩阵分析方法，避免了综合平衡法、优序法和功效系数法等常规多目标分析方法的繁琐和受人为因素影响的缺点，取得了良好的效果[5]。

3.2 仿真系统的验证

在电火花成形加工机床上对该仿真系统进行了工艺验证。预测模型对加工工艺效果的预测最大误差为8.4%；使用由优化模型选取的工艺参数进行工艺验证，结果表明它能有效地提高加工工艺效果的总体性能。此外，通过用优势因素分析模型确定优势因素和次要因素，有利于实际加工中的参数调整。

4 仿真系统的通用性

目前国产电火花成形机床从硬件到指令代码都不相容，无统一的标准可依据。而且由于各机床的边界条件不同，加工工艺参数与工艺效果之间的关系各异。此外，电火花加工过程随机性、复杂性强，涉及的干扰因素多。这些都使得建立一个对各种型号、规格的电火花加工机都适用的仿真系统相当困难。

为使所开发的仿真系统具有通用性，作者通过训练模型功能加以实现。不同的电火花加工机床具有不同的机床特性，在设定的加工条件下，建立相应的工艺数据库(即样本库)。使用 BP 网络对新的样本库进行学习，可获得此条件下的加工工艺效果预测模型。同时应用基因遗传算法对样本库优化，可得到相应条件下的加工参数优化模型。仿真系统通用性的实现流程如图 2 所示。

训练模型主要包括输入机床工艺参数代号、设置加工工艺条件和工艺数据库管理模块三部分。

(1)机床工艺参数代号。用户需要调节的机床工艺参数主要有脉冲宽度、脉冲间隔和脉冲峰值电压。机床型号不同，工艺参数代号所对应的实际值不同。

(2)加工工艺条件。用户在工艺实验中设置的加工工艺条件：工件材料、工件厚度、电源输出电压、空心电极壁厚、工作介质种类(如空气、氧气或者混氮气体，通过另一窗口设置其特性)。对应设定的加工条件，建立预测和优化模型。

(3)工艺数据库。用户可通过工艺数据库管理功能新建工艺数据库或打开工艺数据库进行更新。工艺数据库样本如果呈现正态分布，训练后的模型精度较高。

在此基础上，仿真系统可根据用户输入的工艺代号和加工工艺条件，使用人工神经网络对确认的数据库进行学习，建立满足用户要求的预测模型，并用基因遗传算法建立相应的优化模型，用灰色关联矩阵分析方法找出优势因素和次要因素。

5 结束语

本文根据电火花气中放电成形加工的特点和仿真技术在系统建模、预测优化和因素分析等方面的优点，建立了电火花加工陶瓷工艺预测、优化、因素分析仿真系统。利用该系统进行的预测表明，预测误差基本在10%以内，说明系统模型真实反映了该种机床的工艺规律，完全可以利用该系统进行工艺效果的预测和加工参数的优化以及影响因素的分析，从而为电火花加工系统的智能化方向发展打下基础。

该仿真系统通过训练模型的功能，能适用于不同类型的电火花成形加工机床和不同的加工工艺条件，将来在此仿真系统基础上，可以进一步开发出智能化系统。

参 考 文 献

1 刘晋春，陆纪培．特种加工．长春：吉林工业出版社，1981

2 金庆同．特种加工．北京：航空工业出版社，1988

3 Masanori Kunieda，Masahiro Yoshida，Electrical discharge machining in gas，Annals of the CIRP，1997．46(1)：143－146

4 张立明．人工神经网络模型及应用．上海：复旦大学出版社，1993

5 邓聚龙．灰色系统预测与决策．武汉：华中理工大学出版社，1986

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net