

⑫  
64-66

# 硬齿面内齿轮电火花展成加工技术\*

## EDM Generating Technology of Quenched Internal Gear

刘玉文

Liu Yuwen

梁锡昌

Liang Xichang

TG619

(重庆大学机械传动国家重点实验室)

**摘要** 本文在介绍了硬齿面内齿轮加工技术的现状的基础上,提出了采用电火花展成法加工硬齿面内齿的新方法,并介绍了这种加工方法的技术特征和工艺过程。

**关键词** 内齿轮; 电火花加工; 齿轮展成; 放电间隙

**中国图书资料分类法分类号** TG619

硬齿面内齿轮

**ABSTRACT** Based on the introduction of the present process of quenched internal gear, a new technology of machining quenched internal gear—EDM generating technology is presented with its principle and machining processes.

**KEY WORDS** internal gear; EDM (electric discharge machining); gear generating; discharge gaps

### 1 硬齿面内齿轮加工技术现状

内齿轮是机械传动的基础零件,在工农业生产和国防技术中有十分广泛的使用市场,但因硬齿面内齿轮加工技术还不十分完善,生产高精度的内齿轮比较困难(尤其是小模数,少齿数的内齿轮),影响了内齿轮的普遍使用。目前,硬齿面内齿轮的精加工有以下几种方法。

#### 1.1 共轭磨齿法

《Gear Technology》1988年3,4期中介绍了共轭硬齿面内齿轮磨齿法,其基本原理是从插齿机发展而来的,如图1所示,外齿轮砂轮型硬齿面刀具以每分1500—2000个行程做往复运动。其它的运动如分度旋转运动,中心距方向的进给运动等均由计算机控制。技术特点:

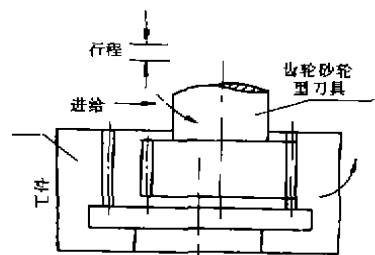


图1

1) 外齿砂轮型刀具制造成本高,难度较大。若内齿轮工件模数小,齿数少,则刀具的尺寸也小,生产刀具十分困难。

2) 刀具磨损后对齿形精度影响较大。由于工件的加工余量不均匀,导致刀具磨损不均匀,要加工较高精度的工件,刀具寿命就短,内齿制造成本就高。

\* 收文日期 1992-07-10

3) 齿面的相对滑动率影响齿形精度。对于模数小,齿数少的内齿轮,由相对滑动速度而引起的齿面“中凹”现象更突出,使加工精度提高困难。

4) 刀具制造不能有效利用传统的外齿轮加工技术。加工中工件和刀具有较大变形。

### 1.2 成型磨齿法

德国产品:KAPP的内齿轮磨床VIS431CBN配立方氮化硼成型磨齿砂轮(CBN profile Grinding Wheels)可以对直径为50—480mm的内齿轮进行加工。加工中齿形精度完全由砂轮形状来保证。如图2所示:此加工方法和其机床综合性能代表了目前的先进水平。但其不足处也十分明显,主要在于砂轮制造成本高和形状精度的保持困难。对于小批量生产,采用立方氮化硼砂轮时成本太高。

### 1.3 滚剃珩加工法

对要求6—7级精度的硬齿面内齿轮,可采用滚剃珩工艺实施精加工。但加工质量不易稳定。对剃齿刀具还需进行特殊的齿形修正。实施这种加工工艺的目的在于去氧化皮和毛刺。

### 1.4 硬齿面剃齿

这是按传统的剃齿法对硬齿面进行精加工。这种加工方法一般能将齿形精度提高半级左右,且齿距误差不能得到改善,剃齿精度与毛坯精度有关。

以上四种加工方法,一、二种方法在我国拥有的机床数量少,生产这种机床的配套技术不十分完善。三、四种方法明显存在一些缺陷。因此,硬齿面内齿轮精加工技术还需进一步完善。由此试制了硬齿面内齿轮电火花加工机床,探索内齿轮制造新方法。经过研究和试制,已完成了机床的设计与制造,工艺参数的选择,工装夹具的设计,加工中的检验,精度分析等理论与技术问题,并在研制的机床上加工了一批零件。图3介绍了加工原理和运动关系。

## 2 硬齿面内齿轮电火花加工概况

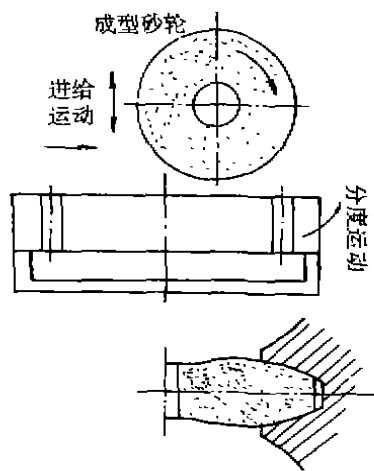


图2

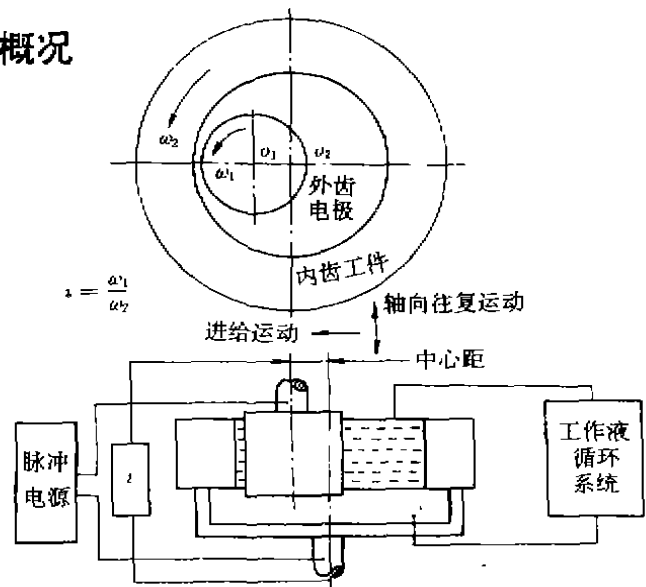


图3

2.1 内齿为工件电极,设计特定的外齿轮作工具电极,让两电极处于宜于放电加工的环境中(即两电极应绝缘,并分别在脉冲电源的两极上;电极处在循环流动的工作液系统中,连续放电加工,机械排屑;宜于让工具电极形成保护膜。)

- 2.2 两电极均在外动力带动下作内、外齿轮啮合旋转,其转速大小取决于齿轮参数,并以适宜的齿面间相对滑动速度作选择转速的准则。共轭齿面间保持宜于电蚀加工的放电间隙。
- 2.3 两电极在轴向设有振幅不大的快速相对运动,它与啮合旋转运动相互独立,目的在于分散工具电极损耗误差,提高齿形精度和齿向精度,同时利于排屑。
- 2.4 工作液循环系统除正常的循环过滤外,还将直接冲刷工件的已加工齿面,同时让工件作快速轴向运动,让待加工齿面始终处于干净状态,放电部位和工具电极只是处于工作液中而不冲刷,便于让电极形成保护膜,以降低其损耗。
- 2.5 加工中采用中心距方向的伺服进给运动,其伺服变化率受一特定数学模型限制,并与中心距所处的位置有关。中心距方向也可以加工余量最高点定位,手动进给,辅以旋转伺服。
- 2.6 电极损耗后,可修复齿形,以恢复工具电极的渐开线性质,作相当于变位内、外齿轮啮合运动。其修复方法有两种:(1)取下电极,到外齿轮磨床上加工;(2)就在内齿轮电火花加工床上,将待修型外齿轮作工件电极,与另一个标准外齿轮啮合运动,电火花加工,以恢复其工具电极的齿形精度。修正时的加工参数与内齿轮电火花加工时的参数类似。
- 2.7 加工工艺分粗加工,精加工和微细加工。粗加工用紫铜作电极材料。因紫铜的加工性能差,难以磨削,所以用紫铜作电极,电极自身的精度难以制造得很高,选作粗加工,可以快速地吧毛坯余量蚀除,并能充分利用紫铜电极损耗小的优势。精加工用钢作电极材料。对于不同精度的内齿轮,其电极的原始精度和一次修型后的寿命均不一样。
- 2.8 对于精度要求很高的内齿轮,为了避免齿面相对滑动而引起的齿面“中凹”的齿形误差。(即在齿面上分度圆处由于相对滑动速度接近于零,造成此处的加工量多于其它部位,形成中凹。)采用“零齿差内齿轮电火花微细加工技术”。其技术特点是电极的齿数,模数和压力角与工件一致,靠设计电极的变位系数获得两电极的中心距,在宜于电火花加工的环境下进行啮合回转,放电蚀除。这种加工方式使齿面间相对滑动速度处处相等,消除了利用共轭原理加工齿轮时均要产生的齿面“中凹”误差,可以获得较高的齿形精度。

### 3 硬齿面内齿轮电火花加工的技术特点

- 3.1 该技术将内齿轮的加工问题转化成外齿轮电极的制造,而外齿轮的加工在我国已是非常成熟的技术,不但精度能保证,而且制造成本也低。研制内齿轮电火花加工机床所需的费用也较低。适合我国现阶段的技术水平和经济承受能力。
- 3.2 电极的损耗在加工过程中易实现自动补偿。电极的均匀损耗仍满足共轭渐开线的性质,较好地保证了齿形精度。
- 3.3 加工中工件和电极几乎无切削力存在,和机械强力磨削相比,更易保证机床的综合精度。运动控制也方便灵活。
- 3.4 工件的硬度原则上不影响加工效果,特别适用于淬火后的硬齿面加工。

#### 参 考 文 献

- 1 孙昌树. 电火花精密加工技术分析. 电加工, 1987(4)
- 2 金庆同. 特种加工. 航空工业出版社, 1988
- 3 刘玉文. 内齿轮电火花加工技术研究. 重庆大学机械传动国家重点实验室硕士论文, 1991, 10