

## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102184276 A

(43) 申请公布日 2011.09.14

(21) 申请号 201110067451.3

(22) 申请日 2011.03.21

(71) 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路 28 号

申请人 西安瑞特快速制造工程研究有限公司

(72) 发明人 张俊 赵万华 秋晨 卢秉恒

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 陆万寿

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

### (54) 发明名称

一种切削加工中进给速度的优化方法

### (57) 摘要

一种典型难加工材料的切削参数优化方法,首先,采用正交试验设计方法和应用切削过程有限元仿真软件得到刀具温度与最大切削层厚度和切削线速度之间的经验公式;其次,通过经验公式和材料去除率公式获得等温线和等效率线的图,结合该图,结合不同加工工艺对高速、高效、低成本的不同要求,选用合理的最大切削层厚度和切削线速度;最后,将选取的最大切削层厚度和切削线速度输入切削过程数控程序仿真优化软件进行加工。由于待切削层宽度经常不是恒定值,因此采用恒定的最大切屑厚度会产生不同的每齿进给量,从而产生不同的进给速度,这样既能保证切削过程中切削层厚度一致,使得刀具不会在切削宽度突变时磨损加剧,也能最大化加工的生产率。

1. 一种典型难加工材料的切削参数优化方法,其特征在于:

1) 首先,采用正交试验设计方法和应用切削过程有限元仿真软件得到刀具温度与最大切削层厚度和切削线速度之间的经验公式;

2) 其次,通过经验公式和材料去除率公式获得等温线和等效率线的图,结合该图,结合不同加工工艺对高速、高效、低成本的不同要求,选用合理的最大切削层厚度和切削线速度;

3) 最后,将步骤 2) 选取的最大切削层厚度和切削线速度输入切削过程数控程序仿真优化软件,通过切削过程数控程序仿真优化软件对切削过程的数控程序进行优化,获得更高的加工效率。

2. 根据权利要求 1 所述的典型难加工材料的切削参数优化方法,其特征在于:所述的步骤 1) 对最大切削层厚度和切削线速度进行五因素四水平的正交试验设计 ( $L_{16}(4^5)$ ),结合切削过程有限元仿真软件对五因素四水平的  $L_{16}(4^5)$  正交设计进行仿真,得到刀具温度值,其次,对仿真分析结果中的刀具温度进行回归分析,获得刀具温度与切削线速度和最大切削层厚度的经验公式:  $T = kv^\alpha f_{zmax}^\beta$ ,其中  $k$  为修正系数,  $v$  为切削线速度,  $f_{zmax}$  为最大切削层厚度,  $\alpha$ 、 $\beta$  为回归指数。

3. 根据权利要求 1 所述的典型难加工材料的切削参数优化方法,其特征在于:所述的步骤 2) 结合刀具温度与切削线速度和最大切削层厚度的经验公式  $T = kv^\alpha f_{zmax}^\beta$  和材料去除率公式:

$$Q = \begin{cases} = \frac{f_{zmax}}{\sin \varphi \sin \gamma} \cdot \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p, a_e < R \\ = \frac{f_{zmax}}{\sin \gamma} \cdot \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p, a_e > R \end{cases}, \text{其中 } Q \text{ 为材料去除率, } f_{zmax} \text{ 为最大切削层厚}$$

度,  $v$  为切削线速度,  $Z$  为齿数,  $a_e$  为切削宽度,  $a_p$  为切削深度,  $R$  为刀具半径,  $\gamma$  是刀具的主偏角,  $D$  是刀具直径,  $\varphi = \arccos(1 - a_e/R)$ , 绘制出等温线和等效率线图, 结合等温线和等效率线图, 如要实现更高速更高效加工, 将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图一区即实际切削加工点右边与低于  $700^\circ\text{C}$  等温线和高于  $24\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间; 如要实现更高速更高寿命加工, 将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图二区即实际切削加工点右边与低于  $650^\circ\text{C}$  等温线和高于  $20\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间; 如果追求高效, 将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图三区即实际切削加工点左边与低于  $650^\circ\text{C}$  等温线和高于  $24\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间。

4. 根据权利要求 1 所述的典型难加工材料的切削参数优化方法,其特征在于:所述的步骤 3) 若切削宽度或者刀具直径改变时,固定最大切削层厚度,通过计算换算出对应的进给速度。

## 一种切削加工中进给速度的优化方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于制造技术领域,涉及一种切削参数优化方法,特别涉及航空航天、汽车和发电装备中所用到的典型难加工材料的切削参数优化方法。

### 背景技术

[0002] 目前针对典型难加工材料的切削参数优化,主要是采取以降低切削温度、减少刀具磨损、提高表面质量为目标,寻找切削线速度、每齿进给量、切削宽度、切削深度最佳组合的方法。该方法的优点是:1、可快速根据正交试验获得待优化目标函数比如刀具温度与切削参数的经验公式,通过经验公式优化切削参数,降低刀具温度;2、优化后的参数经过简单计算,便可与机床数控程序中的主轴转速、进给速度、切削深度、切削宽度对应起来,通过修改数控程序便可优化切削加工工艺。然而该方法也有不足之处:1、当刀具直径改变时,由于切削层厚度的改变,所优化的每齿进给量和切削宽度也不再合适;2、当零件结构复杂时,如待切削层宽度不一致,所优化切削参数也很难应用;3、当待切削层宽度不一致时,如果切削过程中采取恒定的进给速度,那么既不能保证刀具寿命,也无法实现切削加工效率的最大化。

[0003] 由于实际航空航天、汽车和发电装备中典型难加工材料零件结构一般都比较复杂,待切削层宽度不一致的情况也较多,而且刀具直径也并非固定不变,因此采取传统的切削参数优化方法,优化后的切削参数很难直接在实际切削加工中应用。

### 发明内容

[0004] 针对以上典型难加工材料的切削参数优化问题,本发明提供了一种面向航空航天、汽车和发电装备领域,基于最大切削层厚的典型难加工材料的切削参数优化方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0006] 1) 首先,采用正交试验设计方法和应用切削过程有限元仿真软件得到刀具温度与最大切削层厚度和切削线速度之间的经验公式;

[0007] 2) 其次,通过经验公式和材料去除率公式获得等温线和等效率线的图,结合该图,结合不同加工工艺对高速、高效、低成本的不同要求,选用合理的最大切削层厚度和切削线速度;

[0008] 3) 最后,将步骤2)选取的最大切削层厚度和切削线速度输入切削过程数控程序仿真优化软件,通过切削过程数控程序仿真优化软件对切削过程的数控程序进行优化,获得更高的加工效率。

[0009] 所述的步骤1)对最大切削层厚度和切削线速度进行五因素四水平的正交试验设计( $L_{16}(4^5)$ ),结合切削过程有限元仿真软件对五因素四水平的 $L_{16}(4^5)$ 正交设计进行仿真,得到刀具温度值,其次,对仿真分析结果中的刀具温度进行回归分析,获得刀具温度与切削线速度和最大切削层厚度的经验公式: $T = kv^\alpha f_{zmax}^\beta$ ,其中k为修正系数,v为切削线速度, $f_{zmax}$ 为最大切削层厚度, $\alpha$ 、 $\beta$ 为回归指数。

[0010] 所述的步骤 2) 结合刀具温度与切削线速度和最大切削层厚度的经验公式  $T = kv^{\alpha} f_{zmax}^{\beta}$  和材料去除率公式：

$$[0011] \quad Q = \begin{cases} = \frac{f_{zmax}}{\sin \varphi \sin \gamma} \cdot \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p, a_e < R \\ = \frac{f_{zmax}}{\sin \gamma} \cdot \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p, a_e > R \end{cases}, \text{其中 } Q \text{ 为材料去除率, } f_{zmax} \text{ 为最大切削}$$

层厚度,  $v$  为切削线速度,  $Z$  为齿数,  $a_e$  为切削宽度,  $a_p$  为切削深度,  $R$  为刀具半径,  $\gamma$  是刀具的主偏角,  $D$  是刀具直径,  $\varphi = \arccos(1 - a_e/R)$ , 绘制出等温线和等效率线图, 结合等温线和等效率线图, 如要实现更高速更高效率加工, 将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图一区即实际切削加工点右边与低于  $700^{\circ}\text{C}$  等温线和高于  $24\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间; 如要实现更高速更高寿命加工, 将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图二区即实际切削加工点右边与低于  $650^{\circ}\text{C}$  等温线和高于  $20\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间; 如果追求高效, 将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图三区即实际切削加工点左边与低于  $650^{\circ}\text{C}$  等温线和高于  $24\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间。

[0012] 所述的步骤 3) 若切削宽度或者刀具直径改变时, 固定最大切削层厚度, 通过计算换算出对应的进给速度;

[0013] 本发明中所提到的方法是对切削过程中的最大切削层厚度的优化, 又由于不同结构形式的零件加工中, 待切削层宽度经常不是恒定值, 因此采用恒定的最大切屑厚度会产生不同的每齿进给量, 从而产生不同的进给速度, 这样既能保证切削过程中切削层厚度一致, 使得刀具不会在切削宽度突变时磨损加剧, 也能最大化加工的生产率。

[0014] 基于本发明的切削参数优化方法优化的参数更易应用于实际切削加工中, 在刀具直径和切削宽度改变时, 可根据最大切削层厚度迅速给出合理的进给速度。基于本发明的切削参数优化方法优化的参数, 实际切削加工中, 切削宽度改变时, 可获得不同进给速度, 最大化切削加工效率。

## 附图说明

[0015] 图 1 为基于本发明的方法和某实际切削加工现场实际切削参数的等温线和等效率线图。

## 具体实施方式

[0016] 下面结合附图对本发明的原理作详细说明。

[0017] 本发明是通过以下技术方案实现的: 第一, 获得切削温度同最大切削层厚度和切削线速度之间的经验公式。第二, 获得等温线和等效率线的图并选用合理的最大切削层厚度和切削线速度。第三, 对切削过程的数控程序进行优化。

[0018] 第一部分可以按照以下步骤进行。首先, 结合典型难加工材料的实际切削加工工艺特性, 确定切削深度, 并对切削线速度和最大切削层厚度进行正交试验设计 ( $L_{16}(4^5)$ ), 其中另外三因素为误差列。结合切削过程有限元仿真软件进行  $L_{16}(4^5)$  的正交仿真分析。其次, 结合正交试验分析方法, 对仿真分析结果中的刀具温度进行回归分析, 获得刀具温度与切削线速度和最大切削层厚度的经验公式:  $T = kv^{\alpha} f_{zmax}^{\beta}$ 。

[0019] 第二部分可以按照以下步骤进行,首先结合  $T = kv^{\alpha} f_{z\max}^{\beta}$  和材料去除率公式:

[0020]

$$Q = \begin{cases} f_z \cdot n \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p = \frac{f_{z\max}}{\sin \varphi \sin \gamma} \cdot \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p, a_e < R \\ f_z \cdot n \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p = \frac{f_{z\max}}{\sin \gamma} \cdot \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \cdot Z \cdot a_e \cdot a_p, a_e > R \end{cases}$$

[0021] 绘制出等温线和等效率线图(如附图1)。其次,结合附图,选取优化的切削线速度和最大切削层厚度。选取标准可根据实际加工要求而定,在切削刀具固定前提下,如要实现更高速更高效率加工,我们可将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图一区(实际切削加工点右边与低于  $700^{\circ}\text{C}$  等温线和高于  $24\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间)范围内;如要实现更高速更高寿命加工,我们可将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图二区(实际切削加工点右边与低于  $650^{\circ}\text{C}$  等温线和高于  $20\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间)范围内;如果追求高效,可将切削线速度和最大切削层厚度选择在等温线和等效率线图三区(实际切削加工点左边与低于  $650^{\circ}\text{C}$  等温线和高于  $24\text{cm}^3/\text{min}$  等效率线之间)范围内。

[0022] 第三部分可以在第二步优化了的切削线速度和最大切削层厚度的组合基础之上,在实际切削加工编程中遇到切削宽度或者刀具直径改变时,可固定最大切削层厚度,通过计算换算出对应的进给速度。也可结合切削过程数控程序仿真优化软件,设定切削线速度和最大切削层厚度,对切削过程的数控程序进行优化。

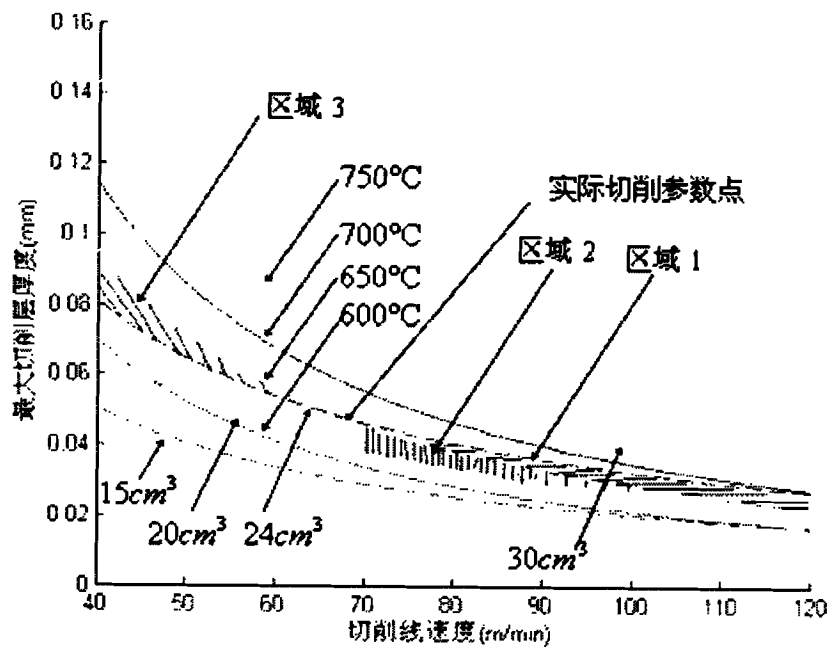


图 1