

· 结构与工艺 ·

## 遗传算法优化设计在切削加工中的应用

甘永利, 牛大明

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:** 优化设计是现代设计方法的重要组成部分, 遗传算法是优化设计方法之一。根据薄壁铝合金件的加工变形量的经验公式, 通过有限元分析软件 Ansys 10.0 对其变形量进行仿真, 得出零件在不同加工参数下的变形量; 再由优化设计中的遗传算法, 用 MATLAB7.0 工具箱中的程序编程, 得出在最小变形量时所需的加工参数和夹紧力, 其对产品的生产加工有着现实的指导意义。

**关键词:** 车削变形; 车削力; 夹紧力; 遗传法; 优化设计

**中图分类号:** TQ015.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-1255(2010)06-0067-03

## Application of Optimizing Design of Genetic Algorithms in Lathing

GAN Yong-li, NIU Da-ming

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** The optimizing design is the most important composition of the modern design, and Genetic Algorithms is one of the optimization design methods. Based on the experienced formula of aluminum cutting, by simulation through Definite Element Analyzing software Ansys 10.0, the deformation of workpiece under different machining parameters can be obtained; optimizing the processing parameters by Genetic Algorithms through toolbox MATLAB7.0, the least deformation and parameters can be acquired. The results would play a guiding role in the production and processing.

**Key words:** lathing deformation; cutting force; clamping force; genetic algorithms; optimizing design

优化设计是近十几年来发展起来的一门新学科, 是现代设计方法的重要组成部分, 也是一项新的技术, 它在工程设计各个领域都得到了十分广泛的应用。20 世纪 50 年代发展起来的数学规划理论形成了应用数学的一个分支, 为优化设计奠定了基础。20 世纪 60 年代, 由于电子计算机和计算技术的迅猛发展, 使优化设计的条件日益成熟, 优化设计技术和计算机技术应用于机械设计领域, 使工程技术人员能够从大量繁琐的计算工作中解脱出来, 从而把主要精力转到优化方案的选择上来<sup>[1]</sup>。

“最优化”是每一个工程或产品设计者所追求的目标。任何一项工程或一个产品的设计, 都需要根据设计要求, 合理选择方案, 确定各种参数, 以期达到

最佳的设计目标。优化问题是指在给定指标和元件、参数的允许取值范围条件下, 确定一组独立的设计参数, 使系统达到最佳技术经济性能。系统性能的优劣通常用一个关于设计参数的函数来描述, 该函数称为“目标函数”, 待定的设计参数称为“优化变量”, 而参数范围和未包含在目标函数中的一些设计指标称之为构成优化变量的“约束条件”。一般设计问题都存在着许多可能的设计方案。人们在设计时, 力求从各种可能方案中选择最好的方案, 在数学上通常指的就是最小化或最大化目标函数。

自 20 世纪 90 年代以来, 优化设计方法取得了巨大的进展, 得到了广泛的应用, 形成了一门从实践中产生, 在实践中发展起来的新兴学科。例如起重机

收稿日期: 2010-05-10

作者简介: 甘永利, 男, 高级工程师, 研究方向为电子设备结构设计。

主梁、塔架,雷达接收机天线结构,机床多轴箱方案.利用优化设计,可使质量减轻 15% 以上,美国波音公司对 747 飞机机身进行优化设计,收到增加载员、减轻质量、缩短生产周期和降低成本的效果<sup>[2]</sup>.

目前,优化设计的方法有很多,主要有一维搜索方法、无约束优化方法、线性规划法、有约束优化方法、多目标及离散变量优化方法、评价函数法、惩罚函数法、鲍威尔法和遗传法等.

## 1 遗传算法的特点

遗传算法(genetic algorithms,简称 GA)的概念最早是由 Bagley J. D 在 1967 年提出来的,而开始遗传算法的理论和方法的系统性研究是在 1975 年,这一开创性工作是由 Michigan 大学的 J. H. Holland 所实行,其在本质上是一种不依赖具体问题的直接搜索方法.遗传算法的基本思想是基于 Darwin 进化论和 Mendel 的遗传学说,是近些年来出现的一种基于种群数目的随机搜索算法,它是模拟 Darwin 的适者生存原理和 Mendel 的基因遗传原理的生物进化过程的计算模型,是现代优化设计算法领域中新一员.

遗传算法作为一种快捷、简便、容错性强的算法,在各类结构对象的优化过程中显示出明显的优势.与其他算法相比,遗传算法主要有以下几方面的特点:遗传算法所面向的对象是参数集的编码而不是参数集本身;遗传算法的搜索过程不直接作用在变量上,而是在参数集进行了编码的个体,使得遗传算法可直接对结构对象进行操作;遗传算法的转化规则是概率性的,而不是确定性的;遗传算法的搜索过程是从一组解迭代到另一组解,采用同时处理群体中多个个体的方法,降低了陷入局部最优解的可能性,并易于并行化;遗传算法采用概率的变迁规则来指导搜索方向,而不采用确定性搜索规则;对搜索空间没有任何特殊要求,不需要导数等其他辅助信息,适应范围更广;不必非常明确描述问题的全部特征,通用性强,能很快适应问题和环境的变化;对领域知识依赖程度低,不受搜索空间限制性假设的约束,不必要求连续性、可导或单峰等;从多点进行搜索,如同在搜索空间上覆盖的一张网,搜索的全局性强,不易陷入局部最优;具有隐含并行性,非常适合于并行计算;不需梯度运算等等<sup>[3]</sup>.

车削在机械加工中是常用的一种加工方法,其

加工精度决定于机床性能、加工参数选择是否合理等.车削工件时,工件在切削力和夹具夹紧力作用下会产生变形,变形量的大小对工件的加工精度有着直接的影响.在传统的车削加工过程中,操作者根据平时的加工经验来选择加工参数(切削深度、每齿进给量)和主轴的转速(切削速度),工艺人员也参考设计经验设计夹具.在夹紧工件时,操作者根据实际的加工情况来定性地夹紧工件,对于夹紧力的大小没有定量的数值.而合理的加工参数和夹紧力的大小可以很好地保证设计精度,并且对于某些工件可以一次完成加工,不需后续的精车等工序,这样可以大大地提高加工效率,对于大批量生产其效果更为明显<sup>[1]</sup>.

## 2 工件的加工变形量

### 2.1 变形量的经验公式

在某批薄壁铝合金件的切削加工中,工件加工变形量的经验公式为

$$y_{\max} = 0.9997 \times a_p^{0.9707} \times f_z^{1.9730} \times v^{0.5231} \times F^{-1.0514} \quad (1)$$

式中,  $y_{\max}$  为工件变形量(mm);  $a_p$  为切削深度(mm);  $f_z$  为每齿进给量(mm);  $F$  为夹具夹紧力(N);  $v$  为车削速度(V/min).

如何选取最佳的加工参数和夹具夹紧力的大小使加工的变形量最小,是加工者首先要考虑的问题.

### 2.2 变形量的仿真

对其在不同的加工参数和夹紧力作用下其最大变形量通过 Ansys10.0 软件进行有限元仿真,如图 1 所示<sup>[4]</sup>.

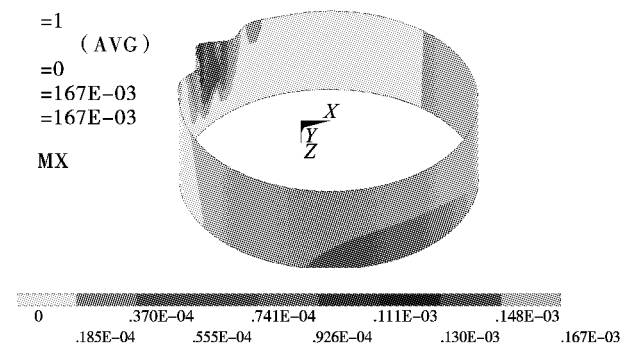


图 1 工件变形量的仿真

其最大变形量如表 1 所示

表 1 取不同加工参数时最大变形量的值

分析组数	$a_p$ /mm	$f_z$ /(m/min)	$v$ /N	$F$ /mm	$y_{max}$ /mm
1	0.1	0.12	1 000	2 810	0.167
2	0.2	0.12	900	2 857	0.817
3	0.13	0.16	800	2 582	0.238
4	0.2	0.15	1 100	1 932	0.708
5	0.1	0.2	1 200	1 860	0.206
6	0.14	0.15	900	2 916	0.793
7	0.17	0.19	900	2 327	0.187
8	0.18	0.12	1 200	2 936	0.238
9	0.16	0.14	1 100	2 875	0.304
10	0.14	0.18	1 000	2 387	0.134

### 3 加工参数的优化

#### 3.1 目标函数的建立

当目标函数或约束条件中有一个或多个为非线性优化函数,就称这样的优化问题为非线性优化问题.非线性优化问题在实际应用中很常见,一般可分为 2 种类型,即无约束非线性优化和有约束线性优化.由分析可知当  $F$  在 900~3 600 N 时,夹具对减小薄壁工件的加工变形量的作用最大,所以  $F$  的取值范围设定在 [900, 3 600] 区间,则本课题的目标函数为

$$\begin{cases} \min(y_{max}) = 0.9997 \times a_p^{0.9707} \times f_z^{1.9730} \times v^{0.5231} \times F^{-1.0514} \\ 0.1 \leq a_p \leq 0.2; 0.1 \leq f_z \leq 0.2; \\ 800 \leq v \leq 1500; 900 \leq F \leq 3600 \end{cases} \quad (2)$$

#### 3.2 遗传法优化设计

用 MATLAB7.0 编程,通过遗传算法对式(2)进行优化设计<sup>[4]</sup>.程序框图如图 2 所示.(程序略)

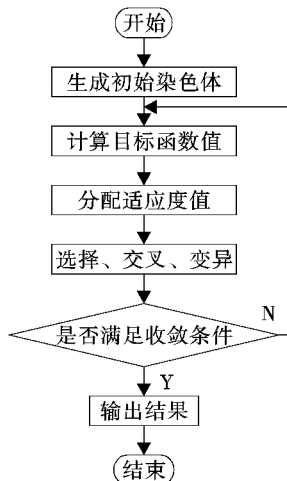


图 2 遗传算法程序流程图

经过 10 次迭代后,种群目标函数均值的变化和最优解的变化如图 3 所示.最优解为  $y_{max} = 0.144$ , 变量值为  $a_p = 0.1, f_z = 0.1, v = 1\ 418, F = 3\ 042$ .

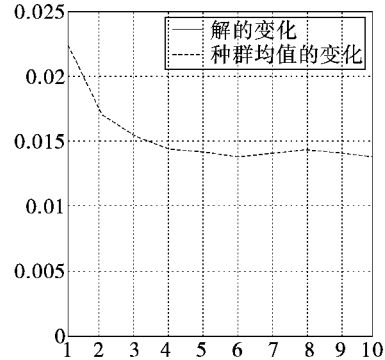


图 3 经过 10 次迭代后种群目标函数均值的变化和最优解的变化

经过 10、20、50、100、200、1 000 次迭代后所得结果如表 2 所示.由上述数据可知,变形量的最小值为:  $y_{max} = 0.141$ ,

此时的最佳加工参数和夹紧力为:  $a_p = 0.1, f_z = 0.1, v = 1\ 000, F = 2\ 972$ .

表 2 遗传算法优化结果

迭代次数	$a_p$ /mm	$f_z$ /(m/min)	$v$ /N	$F$ /mm	$y_{max}$ /mm
10	0.1	0.1	1 075	2 306	0.142
20	0.1	0.1	1 485	2 593	0.142
50	0.1	0.1	1 465	3 102	0.141
100	0.1	0.1	1 015	3 105	0.141
200	0.1	0.1	1 000	3 108	0.141
1 000	0.1	0.1	1 000	2 972	0.141

## 4 结 论

由铝合金切削加工的变形经验公式,通过有限元分析和用遗传法进行优化设计,最终取得在最小变形下所需的最佳加工参数和夹紧力,对在切削中保证工件的加工精度、提高加工效率具有重要的实际指导意义,在实际生产中可根据具体情况进行应用.

#### 参考文献

- [1] 韩荣第,王扬,张文生.现代机械加工新技术[M].北京:电子工业出版社.
- [2] 王社科.机械优化设计[M].北京:国防工业出版社.
- [3] 孙靖民.机械优化设计[M].北京:机械工业出版社.
- [4] 颜云辉,谢里阳,韩清凯.结构分析中的有限单元法及其应用[M].沈阳:东北大学出版社.