

基于 MATLAB 遗传算法的变速器壳体数控切削加工工艺优化

江西赣州技师学院 卢培文

变速器壳体是变速器中的关键零件，其加工质量的优劣直接影响着汽车的整体性能。因此，研究变速器壳体的加工工艺，提高其加工质量和生产效率，具有十分重要的意义。本文以变速器壳体数控切削加工为研究对象，以最大生产率为优化目标，建立变速器壳体的加工参数优化模型，根据机床情况和加工制造情况的限制，分析研究了加工制造过程中相应的约束条件；以遗传算法为加工参数的优化算法，以最大生产率为优化目标，确定约束条件，借助 MATLAB 软件遗传算法工具箱，进行加工参数优化，得到优化参数，并进行加工实例实验，最后得出结论。

变速器铝合金壳体铣削是一个复杂的加工制造过程，合理的加工参数设置可以提高零件生产率。本文以最大生产率为优化目标，建立变速器壳体的加工参数优化模型，根据机床情况和加工制造情况的限制，分析研究加工制造过程中相应的约束条件；以遗传算法为加工参数的优化算法，以最大生产率为优化目标，确定约束条件，借助 MATLAB 软件遗传算法工具箱，进行加工参数优化，得到优化参数。并对优化后的参数进行试切验证，得出结论。

一、遗传算法在高速切削中的应用

高速切削加工参数优化过程中，需要确定优化变量、优化目标函数、约束条件等问题。在采用遗传算法求解高速切

削加工参数优化问题时，种群参数对应于实际加工过程中的优化变量参数，适应度与实际加工过程中的目标函数也存在对应关系。关于高速切削加工参数优化中的约束条件在运用遗传算法求解过程中一般用罚函数处理约束问题，可以起到很好的求解效果。适应度函数的确定主要有两种形式：

(1) 目标函数 $f(x)$ 直接作为适应度函数，表达如公式 (1) 所示。

$$fit(f(x)) = \begin{cases} f(x) & \text{目标函数求最大值问题} \\ -f(x) & \text{目标函数求最小值问题} \end{cases} \quad (1)$$

该适应度函数具有简单易用的优点，不需做相应的转换，但同时也存在着两个缺点：一是由于函数值不均匀，体现种群性能的平均适应度不易得到，使得遗传算法精确度不高；

二是负概率情况可能出现,不适合比例选择算子的选择要求。

(2) 目标函数 $f(x)$ 和适应度函数进行相应的转换,相对应的表达式如公式(2)、(3)所示。

目标函数求解最大值时:

$$fit(f(x)) = \begin{cases} f(x) + b_{min} & f(x) > b_{min} \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (2)$$

式中: b_{min} 目标函数的相对较小估计值,可自己选择一个合适值目标函数求解最小值时。

$$fit(f(x)) = \begin{cases} b_{max} - f(x) & f(x) < b_{max} \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (3)$$

式中: b_{max} 目标函数的相对较大估计值,可自己选择一个合适值。

遗传算法求解过程,若约束条件是连续变量的线性或非线性约束,可采用罚函数法将这些约束加到目标函数中,也就是所谓的适应度函数中,以便保证所求得的最优解在规定的约束范围之内。

在遗传算法求解过程中,一般情况下通过对种群个体适当增加一个减小其适应度的罚函数,用来改变原来个体的适应度,减少在求解空间内没有可行解的个体遗传到下代去的概率。调整个体适应度,更加有利于获得最优解,有利于提高遗传算法的精度,有利于提高遗传算法的计算效率,其具体的调整方法如公式(4)所示。

$$F_1(x) = \begin{cases} F(x) & x \text{ 符合所求优化问题约束条件} \\ F(x) - Q(x) & x \text{ 不符合所求优化问题约束条件} \end{cases} \quad (4)$$

式中: $F(x)$ —起始适应度函数, $F_1(x)$ —新适应度函数, $Q(x)$ —罚函数。

二、加工参数优化的 MATLAB 实验

高速切削加工制造变速器铝合金壳体的参数优化,需要先确定目标函数,再采用遗传算法,借助 MATLAB 软件进行优化计算,从而求得优化参数。借助 MATLAB 软件对加工参数的优化计算过程并获得实验计算结果。

调用目标优化函数,并在 MATLAB 软件 GUI 遗传算法优化窗口进行调用,设置变量个数,设置输入约束条件,约束条件包括线性约束和非线性约束,线性约束条件可以直接在 MATLAB 软件 GUI 遗传算法优化窗口进行输入,非线性约束条件以函数的形式在窗口进行调用。

设置种群参数,本次优化实验设置种群规模 50,交叉 0.7,其它设置选择默认值,整个设置过程在 MATLAB 软件 GUI 遗传算法优化窗口进行,计算得到

优化结果和最优参数。

三、以最大生产率目标函数为优化目标函数

在高速切削加工中,切削速度、进给量和切削深度是非常重要的三要素,影响着零件的加工精度和加工效率。不同的加工参数优化模型都能启动优化加工参数的作用,只是每种模型所侧重的目标不同而已。考虑到变速器铝合金壳体具有形状结构复杂,所需加工制造部位多,加工制造工艺复杂的特点,进行复杂的工序加工参数优化工作太大。经过相关研究,本文以最大生产率目标函数为优化目标函数,进行平面铣削加工工序优化,通过优化加工参数,可以降低本工序的加工时间,提高企业的生产效率。考虑到切削加工时间公式如公式(5)所示,可得最大生产率目标函数优化模型函数如公式(6)所示。

$$t_m = \frac{\pi DL}{1000V_f Z} \quad (5)$$

$$t_d = t_0 + \frac{\pi DL}{1000V_f Z} + t_c \cdot \frac{\pi DL}{1000Z C_t \cdot V^{x+1} \cdot f_z^{y+1} \cdot a_p^m \cdot a_e^n} \quad (6)$$

式中: D 为刀具直径; L 为工件切削长度; Z 为刀具刀齿数。

四、铣削加工优化实验参数的确定

高速切削加工制造变速器铝合金壳体,需要钻床、镗床、数控加工中心等多种数控机床综合生产制造。在这些参与加工制造的多种数控机床中,数控加工中心所使用的频率较多,完成的加工任务也较多,发挥的作用也比较大。本次高速切削加工变速器铝合金壳体的加工参数优化研究,选用 LGMazak 小巨人机床 /HCN5000iil (卧式加工中心) 为加工所用机床。

LGMazak 小巨人机床 /HCN5000iil 是 Mazak 公司开发的高性能卧式加工中心,具有合理的结构设计,确保了机床具有足够的抗扭曲和弯曲的能力、刚性强、稳定性能好。机床各运动坐标具有摩擦系数小,快速定位精度高,承载能力强的优点。而且该机床通过采用高速主轴技术、高速进给技术、高速换刀技术、高速数控系统技术等高端技术,能够大大提高生产效率。

变速器铝合金壳体属于具有复杂结构并且加工制造也同样复杂的壳体类零件。零件有些加工部位在加工制造过程中可能因为夹紧力和切削力的作用而产生一定的变形,从对加工精度产生一定的影响。因此,选择合适的加工参数,才能得到合适的切削力和切削速度,从而提高加工精度和生产

效率。根据变速器壳体加工制造所使用的数控机床和加工环境，我们可以确定加工参数优化时约束参数的范围。以 LGMazak 小巨人机床 /HCN5000iiL 卧式加工中心为加工制造机床，刀具直径为 12mm，齿数为 4，再根据实际加工制造的情况，确定具体的优化加工参数时所能选用的参数范围如表 1 所示。

表 1 加工参数取值范围

主轴转速 (r/min)	铣削速度 (m/min)	进给速度 (mm/每齿)	铣削深度 (mm)	铣削宽度 (mm)
35-12000	1.318-452.16	0.01-0.06	1-3	3-9

其中，变速器铝合金壳体的三维零件图如图 1 所示：



图 1 变速器铝合金壳体三维图

本次加工实验选用铝合金材料，由于变速器铝合金壳体结构复杂，多个部分需要加工，为了研究方便，本次试验以粗铣 R 平面为研究过程进行铣削加工参数优化研究，等效铣削行程 $L=10000\text{mm}$ ，加工刀具采用硬质合金立铣刀，直径 $D=12\text{mm}$ ，齿数为四齿，换刀时间 0.2min ，工序辅助时间 0.2min ，加工方式采用铣端面，对工序 2 进行铣削参数优化实验。

刀具耐用度系数由切削用量简明手册进行查找，主要的相关系数如表 2 所示：

表 2 刀具耐用度系数

CT	x	y	m	n
50	0.45	0.10	0.60	0.33

以最大生产率目标函数，采用遗传算法，把优化前的参数，借助 MATLAB 软件进行优化计算，从而求得优化后的参数，通过在加工中心机床上进行高速铣削变速器铝合金加

工实验，得到了加工实例验证结果，如表 3 所示。

表 3 优化结果

参数名称	铣削速度 (m/min)	进给速度 mm/每齿	铣削深度 (mm)	铣削宽度 (mm)	时间 (min)
优化前	301.44	0.04	2	6	8.01
优化后	452.16	0.06	2.957	8.541	3.67

五、加工优化实例结果分析

通过优化结果表 3 可知：优化后的铣削速提高了 150.72m/min ，每齿进给速度提高了 0.02mm/z ，铣削深度和铣削宽度也有所提高，并且单工序的加工时间由优化前的 8.01min 降低到了优化后的 3.67min ，大大降低了加工时间，提升了加工效率，产品经检测符合质量要求。IM