

Редакционный совет сборника:

д.т.н., проф. Гогунский В.Д.,
 д.т.н., проф. Малахов В.П.,
 д.т.н., проф. Нестеренко С.А.,
 к.т.н., доц. Савельева О.С. (отв. секретарь),
 д.т.н., проф. Становский А.Л.,
 д.т.н., проф. Тонконогий В.М.

Оформление и компьютерная вёрстка:

Андросюк А.В.

Моделирование в прикладных научных исследованиях.

Материалы XIX семинара / Под редакцией В.Д. Гогунского и др. –

Одесса: ОНПУ, 2011. – 70 с.

© ОНПУ, 2011

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДА ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МНОГОИТОЧНОГО РЕЗЬБОШЛИФОВАНИЯ

Тонконогий В.М., Перпери А.А., Монова Д.А.

Во многих технологиях обработки резанием применяют подход, связанный с достижением требуемой точности и шероховатости путем последовательных проходов с использованием различных режущих инструментов.

Так, например, при резьбошлифовании обработка осуществляется с помощью последовательного применения нескольких шлифовальных кругов (ШК) разной конфигурации и из различного материала, причем режимы резания для каждого инструмента выбираются, как правило, различными, чтобы обеспечить оптимальные параметры обработки и получение требуемого качества готовой детали.

Такое качество, как правило, является функцией режимов резания:

$$\vec{K} = f(\vec{R}), \quad (1)$$

где \vec{K} – вектор параметров качества (точность размеров, точность конфигурации, шероховатость поверхности и т.п.); \vec{R} – вектор параметров режима резания (скорость, подача и т.п.), а наилучшее качество \vec{K}^* – функцией оптимального режима резания \vec{R}^* :

$$\vec{K}^* = f(\vec{R}^*); \quad \vec{K}^* \in \vec{K}; \quad \vec{R}^* \in \vec{R}, \quad (2)$$

При комплексной обработке, например, резьбошлифовании последовательным применением различных ШК, выражение (2) превращается в систему уравнений, в котором для каждого прохода новым инструментом рассчитывается индивидуальный режим, обеспечивающий заданное после каждого прохода качество:

$$\begin{cases} \vec{K}_1^* = f_1(\vec{R}_1^*); \\ \vec{K}_2^* = f_2(\vec{R}_2^*); \\ \dots \\ \vec{K}_n^* = f_n(\vec{R}_n^*), \end{cases} \quad (3)$$

где n – количество видов обработки и, следовательно, количество, ШК.

В последнее время появились технологические решения, в которых обработка заготовки несколькими инструментами осуществляется за один проход, при этом все инструменты закрепляются на единой штанге или валу [1].

Развитием такого подхода является техпроцесс, у которого такие инструменты работают *одновременно*, например, на соседних зубьях шестерни или соседних канавках ходовых винтов [2, 3].

В последнем случае появляется сложновыполнимое ограничение на режим обработки: он должен быть оптимальным (или близким к оптимальному) для *всех инструментов*, входящих в единую комплексную обрабатывающую группу и связанных единым основанием.

Решение подобных задач возможно только с применением современных

методов и средств автоматизированного проектирования. В основе предлагаемой САПР технологического процесса многоиточного резьбошлифования «MONIRESH» – метод проектирования, который базируется на предположении о достижимости равенства оптимальных значений параметров режима резания при обработке заготовки различными инструментами за один проход, т.е. достижимости соотношения:

$$\vec{R}_1^* = \vec{R}_2^* = \dots = \vec{R}_n^* \quad (4)$$

Преобразуем уравнения (3) относительно режимов резания $\vec{R}_1^*, \vec{R}_2^*, \dots, \vec{R}_n^*$:

$$\begin{cases} \vec{R}_1^* = f_1^{-1}(\vec{K}_1^*); \\ \vec{R}_2^* = f_2^{-1}(\vec{K}_2^*); \\ \dots \\ \vec{R}_n^* = f_n^{-1}(\vec{K}_n^*). \end{cases} \quad (5)$$

Если условия (4) достигнуты, то можно записать:

$$f_1^{-1}(\vec{K}_1^*) = f_2^{-1}(\vec{K}_2^*) = \dots = f_n^{-1}(\vec{K}_n^*) \quad (6)$$

Поскольку $\vec{K}_1^*, \vec{K}_2^*, \dots, \vec{K}_n^*$ – суть числа, а вид функций $f_1^{-1}, f_2^{-1}, \dots, f_n^{-1}$ однозначно определяется системой (3), условия (6) практически недостижимы. Это означает, что без учета дополнительных переменных процесса резания невозможно создать условия, в которых некоторый режим резания \vec{R} будет оптимальным для всех видов обработки, входящих в единый проход. Поэтому введем дополнительную переменную (группу переменных) Q и используем ее для поиска такого значения $Q = Q^*$, при котором выполняются равенства:

$$\begin{cases} \vec{R}_1^* = f_1^{-1}(\vec{K}_1^*, Q^*); \\ \vec{R}_2^* = f_2^{-1}(\vec{K}_2^*, Q^*); \\ \dots \\ \vec{R}_n^* = f_n^{-1}(\vec{K}_n^*, Q^*). \end{cases} \quad (7)$$

а значит, достижимы соотношения:

$$f_1^{-1}(\vec{K}_1^*, Q^*) = f_2^{-1}(\vec{K}_2^*, Q^*) = \dots = f_n^{-1}(\vec{K}_n^*, Q^*). \quad (8)$$

Группа переменных Q в случае резьбошлифования может быть разбита на три подгруппы: геометрия и материал круга, а также режимы резания.

Далее решается задача оптимизации при ограничениях, вытекающих из технологических и конструктивных характеристик процесса, а также выбранной пользователем целевой функции.

Литература

- Федорович В.А. Способы шлифования с комбинированным управлением режущим рельефом // Вестник ХГПУ. – 1999. – Вып. 45. – С. 26–28.
- Братан С.М. Моделирование взаимодействия режущих элементов с поверхностью заготовки при тонком шлифовании / С.М. Братан, Д.А. Капнов, Ю.К. Новоселов // Современные технологии в машиностроении. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – С. 23–28.
- Русавский Ю.П. Технология производства шариковых передач винт – гайка качения / Ю.П. Русавский, Н.В. Соболева, М.В. Шакапенюк. – М.: Машиностроение, 1985. – 128 с.

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ МНОГОЦЕЛЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Перпери А.А., Тонконогий В.М., Монова Д.А.

Для многоцелевой оптимизации объединенных технологических процессов (ОТП) механической обработки с помощью комплексного генетического алгоритма (ГА) необходимо, чтобы в процессе одновременно принимала участие группа инструментов, механически связанных между собой, например, общим приводом. Рассмотрим ОТП шлифования несколькими, закрепленными на одном общем валу кругами одновременно и построим математическую модель такого процесса, включающую следующие переменные (табл. 1).

Таблица 1

Параметры процесса шлифования	
Групповые	Индивидуальные
$V_{\text{вп}}$ – скорость круга, м/с;	C – стоимость
$V_{\text{дет}}$ – скорость детали, м/м;	R_0 – шероховатость поверхности детали, мкм
t – глубина резания, мм;	Z_k – зернистость круга, мкм;
$S_{\text{пр}}$ – продольная подача, мм/об;	H – твердость круга, Па.
$S_{\text{поп}}$ – поперечная подача, мм/мин.	

Для различных схем шлифования возможны три основных подхода к многоцелевой оптимизации технологического процесса.

Подход 1. Последовательная оптимизация. Схема технологического процесса, подлежащего последовательной оптимизации приведена на рис. 1. Здесь четыре шлифовальных круга последовательно входят в контакт с одной и той же обрабатываемой зоной детали. Поэтому уравнения шероховатости поверхности после каждого прохода



Рис. 1. Схема технологического процесса, подлежащего последовательной или аддитивной оптимизации.

где R_0 – шероховатость поверхности детали после обработки, мкм; K_1 – коэффициент, учитывающий характеристики детали; K_2 – коэффициент, учитывающий характеристики круга; $V_{\text{вп}}$ – скорость круга, м/с; $V_{\text{дет}}$ – скорость детали, м/мин; t – глубина резания, мм; Z_k – зернистость круга, мкм; H – твердость круга, Па; $S_{\text{пр}}$ – продольная подача, мм/об; $S_{\text{поп}}$ – поперечная подача, мм/мин, могут быть сведены к одному уравнению вида:

$$R_{\text{ит}} = f_i \{R_{\text{ит-1}}, f_j [R_{\text{ит}}, f_k (R_0)]\}.$$

В этом случае применен ГА для оптимизации ОТП не имеет математического смысла.

Подход 2. Аддитивная оптимизация. Схема технологического процесса, подлежащего аддитивной оптимизации также приведена на рис. 1. Однако в этом случае целевой функцией для каждого шлифовального круга выбрана не-