УДК 621

В.С.Мисевич

ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПЛОСКОГО КУЛАЧКА

Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь

Традиционные методы профилирования фасонных поверхностей инструментов и деталей опираются на аналитические методы математики [1, 2]. Одним из направлений развития технических наук является замена аналитических методов расчета алгоритмическими методами, которые при сравнительной простоте обладают большей общностью и позволяют автоматизировать расчеты на ЭВМ. В соответствии с этой тенденцией необходимо разработать комплекс алгоритмов для профилирования всех наиболее часто применяемых в машиностроении фасонных инструментов и деталей. Одной из таких задач является профилирование плоского кулачка при заданном законе движения толкателя (рис.1).

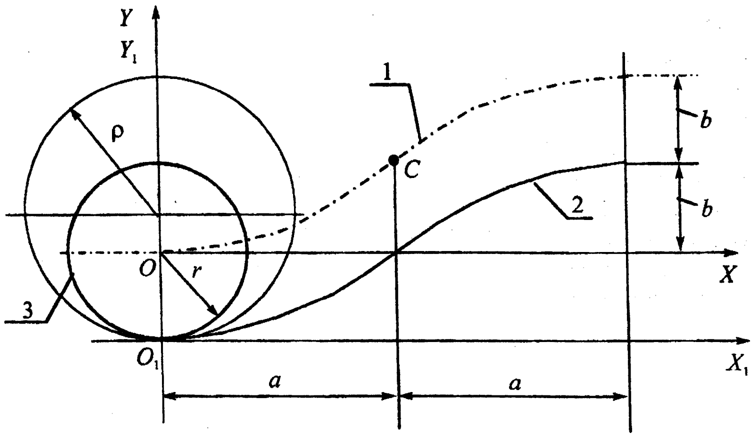

Рис.1. Схема профилирования кулачка:
1 – исходная кривая $y = f(x)$, C– точка сшивки парабол;
2 – искомая кривая $y = f_1(x)$ – профиль кулачка;
3 – окружность ролика (или инструмента) радиуса r;
ρ – радиус кривизны искомой кривой

Расчетная схема показана на рис. 2.

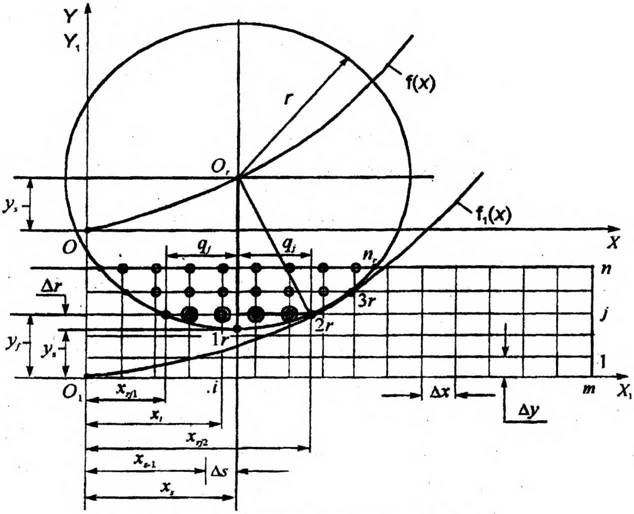

Рис. 2. Схема исключения точек припуска

На исходную кривую налагаются следующие ограничения:

- угол наклона касательной к исходной кривой $\varphi = \pm 45°$;
- радиус кривизны искомой кривой в любой точке больше радиуса окружности инструмента: $\rho > r$;
- шаг варьирования по осям X и Y постоянный: $\Delta x = \text{const}$, $\Delta y = \text{const}$;
- шаг подачи ролика вдоль оси X постоянный: $\Delta s = \text{const}$;
- радиус окружности инструмента равен радиусу окружности ролика;
- кривая задана аналитически или отдельными точками с шагом Δs.

Алгоритм профилирования содержит следующие шаги.

1. Определить конкретную форму исходной кривой. Пусть исходная кривая задана двумя параболами, сшитыми в точке C:

$$y = kx^3 \qquad \text{при} \quad 0 \le x \le a;$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad (1)$$
$$y = 2b - k(2a - x)^3 \qquad \text{при} \quad a < x \le 2a,$$

как показано на рис. 1. Для примера приняты следующие численные значения параметров исходной кривой и окружности ролика $2a = 60$ мм; $2b = 10$ мм; $r = 15$ мм.

Из (1) следует, что $k = \dfrac{y}{x^3}$. При $x = a$ перемещение толкателя

$y=b$. Поэтому $k=\frac{5}{30^3}=\frac{5}{27000}=0{,}1852\cdot10^{-3}$.

2. Принять шаг варьирования аргумента (фактора). С учетом использования регрессионной модели для искомой кривой шаг по оси X может быть достаточно большим. Примем

$$\Delta x = 2 \text{ мм.}$$

3. Определить число уровней фактора:

$$m=\frac{2a}{\Delta x}=\frac{60}{2}=30.$$

4. Установить допустимую погрешность определения профиля, например, принять равной половине допуска на профиль копира. Пусть допуск на профиль равен 0,05 мм. Тогда дискрета определения (задания) профиля

$$\Delta y=\frac{0{,}05}{2}=0{,}025 \text{ мм.}$$

5. Определить число уровней отклика

$$n=\frac{2b}{\Delta y}=\frac{10}{0{,}025}=400.$$

6. Найти необходимый объем памяти, выраженный числом элементов матрицы:

$$V=m\,n=30\cdot400=12\,000.$$

Минимальный объем оперативной памяти при составлении массивов на языке Паскаль равен 65520 байт. [3]. Для 12000 элементов массива, представленных нулем или единицей, требуется 12000•1 = 12000 байт. Перечислим все факторы, влияющие на необходимый объем оперативной (не динамической) памяти.

- шаг варьирования по оси X — $\Delta x \to \max$;
- шаг варьирования по оси Y — $\Delta y \to \max$;
- профилирование по частям — z частей;
- профилирование в 2 и более проходов — p проходов;
- переменные точки на контактирующей окружности — $.i_r$-var;
- представление точки в двумерном массиве единицей — $1 \cup 0$.

При использовании динамической памяти эта проблема снимается.

7. Заполнить объем копира и "припуска" точками, имеющими значение 1, т. е. условно материализованными: $T = 1$.

Координаты точек припуска:

$$x_{ij} = \Delta x(i-1); \quad y_{ij} = \Delta y(j-1).$$

Таким образом, каждая точка копира (заготовки) представлена координатами x_{ij} и y_{ij}, зависящими от индексов i и j, и индексом материализации $T = 1 \bigcup 0$ с начальным значением, равным 1, что означает ее материальность. Обход точек производится последовательно по горизонтальным слоям, т. е. по всем i при каждом j, в каждом слое от начала координат.

8. Определить шаг подачи ролика. Высота гребешков от дискретного перемещения ролика

$$h \cong \frac{\Delta s^2}{8r}.$$

Примем (подачу на зуб)

$$\Delta s = 1 \text{ мм},$$

тогда

$$h = \frac{1^2}{4 \cdot 30} = 0{,}0083 \text{ мм},$$

что значительно меньше допуска на профиль ролика.

9. Определить координаты центра ролика:

$$x_s = \Delta s \cdot s, \qquad s = 1, 2, \dots, l.$$

$$y_s = kx_s^3 \text{ при} \qquad x_s \le a;$$

$$y_s = 2b - k(2a - x_s)^3 \text{ при} \quad x_s > a.$$

10. Заполнить поверхность ролика точками (рис.2). Точки образуются на пересечении окружности ролика с горизонталями уровней j. Координаты точек ролика в произвольном положении:

$$\Delta r_j = \Delta y(j-1) - y_s; \quad q_j = \sqrt{2r\,\Delta r - \Delta r^2};$$

$$x_{rj1} = \Delta s \cdot s - q_j; \qquad x_{rj2} = \Delta s \cdot s + q_j.$$

11. Исключить точки x_{ij} копира при последующих положениях ролика $(x_s = \Delta s \cdot s)$ по неравенству

$$x_{rj1} < x_{ij} < x_{rj2}$$

для всех уровней j.

12. Определить максимальные координаты y_j точек с $T = 1$ при каждом значении i.

13. По оставшимся точкам с максимальными координатами y_j при каждом значении i составить таблицу для построения регрессионной модели.

u	1	2	.....	m -1	m
x_u	x_1	x_2	....	x_{m-1}	x_m
y_u	y_1	y_2	.....	y_{m-1}	y_m

14. С помощью программы Microsoft Excel или другой программы, например [4], найти регрессионную модель в виде полинома или в виде функции другой формы - раздельно для каждой из сшитых парабол.

15. Вычислить разности $y_u - y_j$ и сравнить их с допустимым отклонением профиля кулачка.

16. При необходимости повторить расчет при уменьшенной дискете Δy.

По приведенному алгоритму была составлена программа на языке Borland Pascal 7 и произведено профилирование при следующих исходных данных: $\Delta x = 2$ мм; m=30; $\Delta y = 0{,}0125$ мм; $n = 810$; $\Delta s = 0{,}5$ мм; $l = 120$; $r = 15$ мм; $k = 0{,}1852 \cdot 10^{-3}$. Затем с помощью программы Microsoft Excel получены регрессионные модели. Полиномиальная модель для всего профиля имеет заметные отклонения и осцилляции. Поэтому получены две раздельные модели, сшитые в точке с $j = 15$.

Первая модель

$$y = -1E\text{-}07x^6 + 6E\text{-}06x^5 - 0.0001x^4 + 0.0019x^3 - 0.0003x^2 -$$
$$- 0.0044x + 0.0146.$$

Вторая модель

$$y = -3E - 06x^6 + 0.0001x^5 - 0.0015x^4 - 0.0051x^3 + 0.1488x^2 + 0.2038x +$$
$$+ 2.774.$$

Модели, сопряженные в точке C, заметных отклонений от исходной ломаной не имеют, что показывает приемлемость этой методики профилирования. Однако число значащих цифр в моделях Microsoft Excel недостаточно, поэтому ее можно использовать для предварительного анализа или при низких требованиях к точности изделия. При высокой точности можно использовать метод [4].

Анализ цифровых данных, полученных в результате имитационного профилирования, показывает, что это профилирование дает погрешность, практически не превышающую дискрету Δy.

Для практической реализации найденного профиля фреза или шлифовальный круг должны иметь диаметр, равный диаметру ролика.

Итак, имитационный метод профилирования позволяет профилировать кулачки при различных законах движения толкателя и дает точность, определяемую дискретой профилирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лашнев С.И., Юликов М.И. Расчет и конструирование металлорежущих инструментов с применением ЭВМ.— М.: Машиностроение, 1975. – 393 с. 2. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: Учебное пособие для втузов / О.В.Таратынов, Г.Г.Земсков, Ю.П.Тарамыкин, и др.; Под ред. О.В.Таратынова, Ю.П.Тарамыкина.— М.: Высшая. школа, 1991.—423 с. 3. Климова Л.М. PASCAL 7.0. Практическое программирование. Решение типовых задач.—М.: Кудиц-образ, 2000.—496 с. 4. Мисевич В.С., Ольшанский В.И. Алгоритмический метод поиска коэффициентов регресии многопараметрических моделей / Витебский гос. технолог. ун-т.-- Витебск, 2000.—6 с.— Деп. в БелИСА 11.12.2000.-- Д200078 // Реферативный сборник непубликуемых работ, отчетов о НИР, ОКР, ОТР, депонированных научных работ.- 2001.- № 4 (19).– С. 114.

УДК 621.91

М. И. Михайлов

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЁТА УГЛОВ ФАСОННОГО РЕЗЦА

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого
Гомель, Беларусь

Исследованию геометрии режущих кромок резца посвящено большое количество работ. Предлагаемая методика позволяет легко автоматизировать этот процесс и построить график изменения углов в статической и кинематической системах координат.

Расчетная схема изображена на рис.1.