

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Способ обработки фасонных поверхностей на станке с ЧПУ

К. Н. Колесов // МГТУ “Станкин”, г. Москва

Современное программное обеспечение станков с ЧПУ решает ряд практических задач управления: формообразования, логики, диалога, диагностики [1–6]. Задачу формообразования, т. е. получение обработанных поверхностей заданной формы и размеров, выделяют как основную [5].

При точении резцом сложных поверхностей, контур ABC которых включает участки с разным, в том числе, с фасонным профилем, формообразование обеспечивают тем, что инструмент перемещают относительно заготовки по некоторой эквидистанте $\mathcal{E}$ к заданному контуру (рис. a).

В этом случае траекторию перемещения инструмента задают либо с помощью специально разработанной программы, либо реализуют автоматически по заданному контуру детали с использованием программного обеспечения станка. При этом учитывают радиус r_b при вершине резца, задаваемый с учетом материала заготовки и характера обработки [6]. Также требуются дополнительные

(промежуточные) траектории резца, обеспечивающие его запас на вход, перебег и соединение между собой тех участков траекторий, которые соответствуют разным участкам (например, AB и BC) обрабатываемого контура детали [5–6].

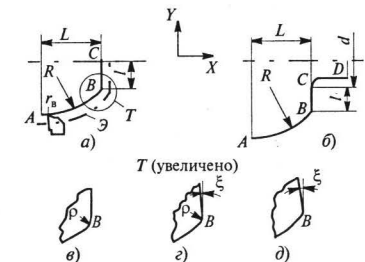


Схема обработки поверхности с контуром ABC (a) и контуром $ABCD$ с измененным диаметром d детали ($б$); $в$, $г$ и $д$ — различные формы сопряжения участков AB и BC в точке B контура ABC

Возможен иной способ выбора траектории резца, который основывается на теории сопряженных поверхностей [1–4]. Его отличие состоит в том, что два или более участка поверхности, имеющие различную форму, обрабатывают при одной и той же траектории. Предлагаемый способ возможен, если отклонения размеров обработанных таким способом поверхностей не превышают допустимых значений.

Теоретическую (без учета шероховатости поверхности, деформаций, нагрева детали) линию контура обработанной поверхности находят как огибающую семейства окружностей из системы уравнений:

$$[y - f(p)]^2 - r_b^2 + (x - p)^2 = 0; \quad (1)$$

$$[y - f(p)][df(p)/dp] + (x - p) = 0, \quad (2)$$

где x и y — координаты точек линии контура в неподвижной системе XY ; p — параметр, или координата x центра окружностей; уравнение (2) получено как частная производная по параметру p функции (1).

Здесь уравнение (1) соответствует семейству окружностей с радиусом r_b , центр которых перемещается по траектории, описываемой уравнением

$$y = f(p). \quad (3)$$

Решая уравнения (1) и (2) с учетом зависимости (3), т. е. исключая параметр p , получаем уравнение линии контура в неявной форме

$$F(x, y) = 0. \quad (4)$$

Уравнение (4) можно получить и в параметрической форме

$$x = f_1(p); \quad y = f_2(p), \quad (5)$$

где вид функций f_1 и f_2 [так же как и функции (4)], зависит от вида уравнения (3), т. е. от формы траектории инструмента.

Сравнивая полученный (расчетный) контур с заданным, определяем погрешность δ_i в любой его i -й точке с координатами x_i, y_i как расстояние между двумя контурами, измеренное по нормали к заданному контуру. Если заданный контур — дуга окружности с радиусом R и координатами центра x_0, y_0 , то погрешность $\delta_i = [(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2]^{1/2} - R$.

Для анализа возможности обработки разных участков поверхностей при одной траектории взят типичный случай обработки контура, когда участок AB — окружность с радиусом R и длиной L , а

участок BC длиной l — прямая, перпендикулярная к оси детали.

Определим траекторию инструмента

$$y = G(-x)^m + E, \quad (6)$$

где G, E и m — вещественные числа, выбираемые в зависимости от формы и размеров заданного контура с использованием специальной компьютерной программы Mathcad.

Для обработки участков AB и BC с размерами $R = 15 \div 60$ мм, $L = 5 \div 10$ мм и $l = 3 \div 5$ мм использовали траектории [уравнение (6)] со значениями чисел $G = -3,5 \div 10,5$; $E = -2,5 \div 1,75$; $m = -0,08 \div 0,5$. Радиус r_b резца принимали в пределах $0,5 \div 3$ мм; погрешность δ (взятая как наибольшая среди всех i -х точек каждого участка) составляет $\pm 0,04$ мм на участке AB и $-0,0005$ мм на участке BC .

Диаметр d обрабатываемой поверхности контура не влияет на значение δ . Обработанный контур ABC остается неизменным при разных значениях d и может быть частью различных других общих контуров, например контура $ABCD$ (рис. б).

Характерная особенность описанного способа обработки — пересечение линий AB и BC контура, несмотря на то, что их обрабатывают одним инструментом, при одной и той же непрерывной (плавной) траектории его движения, определяемой с помощью уравнения (6) (см. рис. а и б). Под пересечением линий контура понимают наличие в граничной точке B несовпадающих пересекающихся касательных, проведенных через эту точку к линиям AB и BC .

Вместе с тем, изменяя значения G, E, m и r_b в указанных выше пределах, можно получить плавное сопряжение участков AB и BC кривой с переменным радиусом ρ (рис. в). Можно таким же путем получить участок BC , наклонный под углом ξ по отношению к нормали к оси X , и плавно сопрягающийся с линией AB (рис. г), или же пересекающийся с ней (рис. д).

В случае плавного сопряжения участков AB и BC (см. рис. в и г) около точки B образуется (также при одной общей траектории инструмента) дополнительный переходный участок контура с уменьшенным радиусом ρ . Последний рассчитывают как радиус $R_{кр}$ кривизны огибающей [уравнение (5)] при значениях параметра p , соответствующего значениям x и y вблизи точки B . Для любой точки этой

огибающей, т. е. для любой точки обработанного контура

$$R_{кр} = \left[\left(\frac{d}{dp} f_1 \right)^2 + \left(\frac{d}{dp} f_2 \right)^2 \right]^{3/2} / \left| \frac{d}{dp} f_1 \frac{d}{dp} f_2}{d^2 p^2 f_1 \frac{d^2}{dp^2} f_2} \right|. \quad (7)$$

Для указанных интервалов размеров детали, а также параметров траектории [см. уравнение (6)] значение $R_{кр}$, рассчитанное по формуле (7), изменяется в пределах от 6 до 130 мм. При плавном сопряжении линий AB и BC радиус $\rho \approx 0,05 \div 2$ мм.

Форма траектории теоретически не ограничивается уравнением (6). Проведенные расчеты показали, что могут быть использованы и другие, в том числе более сложные уравнения, обеспечивающие меньшие значения погрешности δ и большие возможности получения контура различных форм.

С точки зрения практического использования способ расширяет технологические возможности обработки сложных поверхностей на станках с ЧПУ. Он опробован и проверен на станке с ЧПУ при обработке сложных фасонных поверхностей, состоящих из участков с различным контуром. Способ может быть реализован на станках с ЧПУ, имеющих различные системы математического программного обеспечения [5].

Повышение производительности и качества обрабатываемых деталей при использовании шлифовальных инструментов с зерном контролируемой формы*

к.т.н. Н. В. Байдакова, к.т.н. В. А. Назаренко, к.т.н. С. А. Крюков, Т. А. Байдакова
// ВИСТех (филиал) ВолгГАСУ, г. Волжский

В настоящее время шлифование составляет около 20 % всех видов механической обработки. В общем машиностроении около 10–12 % металло-режущих станков являются шлифовальными, в ав-

* По материалам Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и технологии конструкционных материалов "Материаловедение и технология конструкционных материалов — важнейшие составляющие компетенции современного инженера. Проблемы качества технологической подготовки" (г. Волгоград, г. Волжский, 2007 г.).

В теоретическом отношении способ отличается, прежде всего, тем, что формообразование различных (в том числе пересекающихся) участков контура обработанной поверхности может быть обеспечено при одной траектории инструмента.

Существенно, что при этом способе не требуются дополнительные траектории и движений инструмента на перебеги, врезание и соединение отдельных траекторий, которые обычно сопровождаются резким изменением величины и направления скорости движения подачи и прерывают обработку соседних участков контура детали.

Список литературы

1. Процессы и операции формообразования и инструментальная техника: Учебник для вузов / В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Соломенцев и др. — М.: МГТУ "Станкин", 2006. — 280 с.
2. Петухов Ю. Е. Формообразование численными методами. — М.: Янус-К, 2004. — 200 с.
3. Илюхин С. Ю., Доровин А. В. Концептуальная модель профилирования поверхностей // СТИН. — 2000. — № 11. — С. 23–25.
4. Юрасов С. Ю. Установочные параметры инструмента при обработке конических винтовых поверхностей // СТИН. — 2007. — № 1. — С. 20–22.
5. Сосонкин В. Л., Мартинов Г. М. Системы числового программного управления: Учеб. пособие. — М.: Логос, 2005. — 296 с.
6. Гузев В. И., Батуев В. А., Сурков И. В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / Под ред. В. И. Гузеева. — М.: Машиностроение, 2005. — 366 с.

томобильной промышленности — до 25 %, а в подшипниковой — до 60 %. Поэтому вопросы, связанные с методом шлифования, являются актуальными.

Одна из основных причин снижения эффективности шлифования состоит в том, что инструмент изготавливают из шлифовальных зерен с произвольной формой. В результате многие зерна из-за неблагоприятной геометрии их режущих микро-клиньев слабо или вообще никак не участвуют в