обеспечивающему прерывистость и кратковременность работы каждого его участка, хорошими условиями охлаждения лезвия за время холостого пробега и меньшей истинной скорости резания по сравнению со скоростью главного движения температура в зоне резания при обработке ротацион-ным инструментом по сравнению с традиционным инструментом снижается до 40%.

Кинематические и конструктивные особенности ротационных режущих инструментов, обеспечивают высокое качество и хорошие эксплуатационные показатели обработанной поверхности, что позволяет исключить из технологических процессов последующие трудоемкие операции шлифования, шабрения и особенно сухого шлифования.

Для подрезки торцев деталей применение обычных ротационных резцов затруднено из-за изменения скорости при резании от наружного диаметра к внутреннему. Ввиду разности скоростей сложно подобрать такую установку инструмента, которая обеспечила бы необходимое качество обрабатываемой поверхности. В связи с этим нами поставлена задача провести исследования обработки торцев труб ротационным резцом.

Литература

1. Работоспособность самовращающихся резцов при резании труднообрабатываемых материалов / Chen Piung, Hoshi Tetsutaro // Int. J. Jap. Soc. Precis. Eng.- 1991.-25, N°4.-C.267-270.

2. Температура и силы резания при точении амовращающимся ротационным резцом /Chen Piung // JSME. Int.J. Ser.3.-1992.-35, N°1.-C.180-185.-Англ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТОЧНОСТИ СБОРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Михайлов М.И.

Гомельский политехнический институт им. П.О.Сухого

Динамическая точность сборного инструмента является интегральной величиной геометрической погрешности входящих в него элементов, и статической обусловленной силами трения, силами дисбаланса, массами, инерционностью элементов и т.д. Запишем эту зависимость в виде

$$Y_{ин.}=Y_1+Y_2+Y_3 \qquad (1)$$

где Y_1 - величина податливости в направлении оси Y инструмента,

$$Y_1 = f(P_1\ P_2\ \ldots\ P_n) \qquad (2)$$

Y_2 - погрешность инструмента от точности геометрических параметров егоэлементов

$$Y_2 = f\,(d_1\ d_2\ \ldots\ d_n) \qquad (3)$$

Y_3 - погрешность сборного инструмента от действия сил зажима режущего элемента

$$Y_3 = f(F_1,\ F_2, \ldots, F_n) \qquad (4)$$

При проектировании сборного инструмента выбирают такую схему базирования режущих, направляющих и крепежных элементов, которая упрощает функциональную зависимость (3).

Погрешность инструмента (1) следует разложить в ряд Тейлора для того, чтобы получить удобные для вычисления функции и придать наглядность и физический смысл членам этого ряда.

$$\Delta Y_{\text{ип.}} = \sum_{i=1}^{n} (\partial Y/\partial p_i)_0\ \Delta p_i\ , \qquad (5)$$

где нулевой индекс означает, что частная производная вычисляется для номинального значения параметров. Второе приближение получается, если при разложении сохранить вторые и смешанные производные

$$\Delta Y_{\text{ин.}} = \sum_{i=1}^{n}(\partial Y/\partial p_i)_0 \Delta pi + 1/2 \sum_{i=1}^{n}(\partial^2 Y/\,\partial^2 p_i)_0 \Delta p^2 i + \sum \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(\partial^2 Y/\,\partial^2 p_{ij})\ \Delta p^2 ij \qquad (6)$$

При разложении часть членов j(m+1,...,n) образует степенной ряд Маклорена. Выбор допустимых степеней приближения и оценка погрешностей связанных с отбрасыванием остаточных членов ряда Тейлора, производится по известным правилам. На инструмент большое значение оказывают внешние возмущения $(z_1,\ldots,z_k)$,характеризующие условия его эксплуатации (усилия резания, силы зажима элементов, точки приложения этих сил и создаваемых ими моментов, удары при зажиме, непостоянство сил зажима в партии пластин, температура среды и станка и т.д.). Поэтому в общем случае первичная погрешность состоит из двух слагаемых

$$\Delta qi = \Delta qi' + \Delta qi'' \qquad (7),$$

где $\Delta qi'$ - основная первичная погрешность, зависящая от внутренних параметров системы; $\Delta qi''$ - дополнительная первичная погрешность, вызванная влиянием внешних факторов и изменением условий эксплуатации.

Для определения зависимости $\Delta qi''$ от внешних факторов необходимо выразить параметры qi в виде функции

$$qi = \varphi(z_1,...,z_к) \quad (8).$$

За номинальное значение внешних факторов принимаем их значения z_{10} , z_{20} , ... , $z_{к0,}$ отвечающие расчетным условиям работы инструмента, тогда для нормальных расчетных значений

$$\Delta qi^{//} = \varphi(z_1,...,z_к) - \varphi(z_{10},..., z_{к0}) \quad (12).$$

Разложив в ряд Тейлора и взяв линейное приближение, получим

$$\Delta qi^{//} = \sum_{j=1}^{к}(\partial q_i/\partial z_j)_0 \Delta z_j \quad (13)$$

гдеΔz_j- отклонение j-го внешнего фактора от номинального значения (частная производная берется для значений $z_j=z_{jo}$, отвечающим нормальным условиям). Во втором приближении

$$\Delta qi^{//} = \sum_{j=1}^{k}(\partial Y/\partial z_j)_0 \Delta z_j + 1/2 \sum_{j=1}^{k}(\partial^2 q_i/\partial z_j^{\,2})_0 \Delta z_j^2 + \sum_{i=1}^{k}\sum_{\tau=1}^{k}(\partial^2 q_i/\partial z_j \partial z_\tau)_0 \Delta z_j \Delta z_\tau \quad (14)$$

Суммируя все погрешности, получим полное линеаризованное уравнение статической погрешности инструмента

$$\Delta Y = [f(x, q_{10}, ..., q_{m0}) - f_0(x)] + \sum_{i=1}^{n}(\partial Y/\partial q_i)_0 \Delta q_i + \sum_{i=1}^{n}\{(\partial Y/\partial q_i)_0 \sum_{j=1}^{n}(\partial Y/\partial z_j)_0 \Delta z_j \quad (15)$$

где [..]- погрешность базирования режущей пластины; 2-е слагаемое - геометрическая погрешность инструмента; 3-е слагаемое - погрешность закрепления пластины.

Общую погрешность ΔY можно представить в виде суммы основной и дополнительной

$$\Delta Y = \Delta Y_{осн} + \Delta Y_{доп} \quad (16),$$

т.е. разобьем общую погрешность на две составляющие по их функциональной роли в инструменте. Основная погрешность есть функция внутренних факторов при нормированных условиях эксплуатации, дополнительная погрешность добавляется при влиянии внешних факторов, связанных с измененными условиями эксплуатации. Тогда основная погрешность выразится

$$\Delta Y_{осн} = f(x, q_{10}, ..., q_{m0}) - f_0(x) + \sum_{i=1}^{n}(\partial Y/\partial q_i)_0 \Delta q_i \quad (17)$$

Дополнительная погрешность

$$\Delta Y_{доп}=\sum_{i=1}^{n}\{(\partial Y/\partial q_i)_0\sum_{j=1}^{k}[(\partial q_i/\partial z_j)_0\Delta z_j]\} \qquad (18)$$

Выражение (15) представляет собой уравнение погрешности инструмента в размерной форме, а входящая частная производная является коэффициентом влияния i -го звена на общую погрешность инструмента. Для перехода к безразмерной форме преобразуем (5)

$$\Delta Y/Y=\sum_{i=1}^{N}(\partial Y/\partial Y_i)_0 Yi/Y\ \Delta Yi/Y$$

где $\Delta Yi/Y$ - относительная погрешность i -го звена; $\Delta Y/Y$ - относительная погрешность всего инструмента, или

$$\Delta Y/Y=\sum_{i=1}^{N}\Psi_i\ \Delta Yi/Y \qquad (19)$$

где $\Psi_i=(\partial Y/\partial Y_i)_0 Yi/Y$ - безразмерный коэффициент влияния i-го элемента или части инструмента.

Коэффициенты влияния элементов могут быть вычислены путем анализа структурной схемы. Общая чувствительность структурной цепи является функцией чувствительности $S_1, S_2,..., S_N$ элементов.

$$S=\varphi(S_1,..., S_N)^2(20).$$

Вид функции (20) определяется типом структурной цепи инструмента. Если чувствительности звеньев получают независимые приращения $\Delta S_1 ... \Delta S_N$, то приращение общей чувствительности в линейном приближении

$$\Delta S=\sum_{i=1}^{N}\partial S/\partial S_i\ \Delta Si \qquad (21)$$

В безразмерном виде

$$\Delta S/S=\sum_{i=1}^{N}\partial S/\partial S_i\ S_i/S\ \Delta Si/S_i \qquad (22)$$

Пусть требуемая характеристика i-го узла $\varphi_i=S_i Y_{i-1}$. Если при некотором фиксировании значений входной величины X выходная величина отличается от требуемой, то возникает погрешность ΔY_i, которую можно трактовать как результат изменения чувствительности звена

$$Y_i + \Delta Y_i = (S_i + \Delta S_i) Y_{i-1} \qquad (23)$$

Из уравнения (22) и (23) можно получить соотношение

$$\Delta S/S_i = \Delta Y_i / Y_i \qquad (24)$$

Рассуждая таким образом можно получить аналогичное соотношение для всего инструмента

$$\Delta S/S = \Delta Y / Y \qquad (25).$$

Подставляя (24) и (25) в (22) получим

$$\Delta Y / Y = \sum_{i=1}^{N} \partial S_i / \partial S_i\, S_i / S\, \Delta Yi / Y_i \qquad (26)$$

Сравнивая выражения получим формулу для определени безразмерных коэффициентов влияния i-го узла структурной схемы, состоящей из элементов с пропорциональными характеристиками

$$\varphi = \partial S / \partial S_i\, S_i / S \qquad (27)$$

Уравнение (19) остается в силе и для приведенных относительных погрешностей. Действительно, если вместо Y и Y_i подставить абсолютные значения допусков изменения этих параметров Y и Y_i, то получим

$$\xi = \sum_{i=1}^{N} \psi_i \xi_i \qquad (28)$$

где $\xi = \Delta Y / Y$ - приведенная относительная погрешность инструмента; $\xi_i = \Delta Y_i / Y_i$ - приведенная относительная погрешность i-го элемента.

В случае если элементы инструмента с пропорциональными характеристиками соединены между собой одним из трех типовых способов, то коэффициенты влияния вычисляются по стандартным формулам, которые следуют из (27). Например, при последовательном соединении узлов, чувствительность механической цепи

$$S = S_1 * S_2 * \ldots S_N = \Pi_{i=1}^{N} S_i, \qquad (29)$$

откуда

$$\partial S / \partial S_i = 1 / S \prod_{i=1}^{N} Si \qquad (30)$$

При параллельном соединении узлов чувствительность цепи имеет вид

$$S = S_{1+} S_{2+} \dots S_N = \sum_{i=1}^{N} S_i, \qquad (31)$$

Т.о. предлагаемая методика позволяет производить анализ точности любого сборного инструмента.

О ВЫБОРЕ ЗАКОНОВ ТРЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОКРЫТИЯ В ПРОЦЕССЕ ВОЛОЧЕНИЯ

Бельский А.Т.
Гомельский политехнический институт им.П.О.Сухого

Разрабатывая технологический процесс нанесения на длинномерные изделия покрытий из металлических порошков и их сплавов, возникает необходимость в определении действующих напряжений как в сердечнике, так и в формируемом покрытие. При выводе аналитических зависимостей для определения действующих напряжений приходится задаваться законами трения между покрытием и волочильным инструментом, а также между покрытием и сердечником.

При обработке металлов давлением силы трения зависят не только от физико-химического состояния контактных поверхностей, но и от факторов, определяющих механику деформации, а именно: формы очага деформации, упрочнения материала, наличия натяжения и так далее. Формулы, встречающиеся в литературе для определения сил трения в очаге деформации, можно разделить на три группы:

а) формулы, содержащие в качестве независимой переменной какой-либо физический фактор, например: нормальное давление, предел текучести деформируемого материала и так далее;

б) формулы, описывающие распределения сил трения по длине контакта. Одним из аргументов в этих формулах является чисто геометрический параметр, например: координата точки контактной поверхности;

в) формулы, по которым определяют среднюю удельную силу трения