

работанной поверхности алмаза оценивалось визуально по существующей на заводах «Кристалл» методике.

Полученные в результате испытаний экспериментальные данные позволили сделать следующие выводы:

1. Под действием ультразвуковых колебаний значительно снижаются усилия и уровень вибраций, действующих на руки рабочего, что особенно проявляется на этапе сбивания углов.

2. С наложением колебаний амплитудой 3 мкм и частотой 44 кГц на алмаз-резец при оптимальной частоте вращения заготовки (4500-4600 об/мин) интенсивность съема припуска с ее поверхности возрастает при радиальном направлении их введения в 1,4 раза, а при тангенциальном - в 1,3 раза.

Установлено, что за счет изменения амплитуды колебаний можно управлять как интенсивностью съема припуска, так и качеством обработанной поверхности алмаза. При этом обработку кристаллов на стадии сбивания углов необходимо проводить при максимальной амплитуде, снижая ее значение на этапе окончательной обточки до 1,5-2 мкм, что обеспечивает получение высокого качества поверхности.

Михайлов М.И., Россол А.И.

ГГТУ

г. Гомель, Беларусь

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК

Динамическая точность делительных головок является интегральной величиной геометрической погрешности входящих в нее элементов, и статической, обусловленной силами трения, силами дебаланса, массами, инерционностью элементов и т.д.

В реальных условиях конструирования часто бывает необходимо, с целью упрощения схемы, конструкции или метода контроля, избрать такое решение, при котором характеристика статической погрешности имеет простую функциональную зависимость.

Разложив составляющие динамической погрешности в ряд Тейлора, получали удобные для ее вычисления функции

При этом разложении часть членов $j(m+1, \dots, n)$ образовывало степенной ряд Маклорена. Выбор допустимых степеней приближения и оценка погрешностей, связанной с отбрасыванием остаточных членов ряда Тейлора, производилась по известным правилам. На погрешность головок большое значение оказывают внешние

возмущения $(z_1, \dots, z_k)$, характеризующие условия их эксплуатации (усилия резания, силы зажима элементов, точки приложения этих сил и создаваемых ими моментов, удары при зажиме, непостоянство сил зажима в партии деталей, температура среды и т.д.). Поэтому в общем случае первичная погрешность представлялась в виде двух слагаемых $\Delta q_i = \Delta q_i' + \Delta q_i''$, где $\Delta q_i'$ - основная первичная погрешность, зависящая от внутренних параметров системы; $\Delta q_i''$ - дополнительная первичная погрешность, вызванная влиянием внешних факторов и изменением условий эксплуатации.

Для определения зависимости $\Delta q_i''$ от внешних факторов, q_i выражалась в виде функции $q_i = \varphi(z_1, \dots, z_k)$. За номинальное значение внешних факторов принимаем их значения $z_{10}, z_{20}, \dots, z_{k0}$, отвечающие расчетным условиям работы головки, тогда для нормальных расчетных значений $\Delta q_i'' = \varphi(z_1, \dots, z_k) - \varphi(z_{10}, \dots, z_{k0})$.

Во втором приближении

$$\Delta q_i'' = \sum_{j=1}^k (\partial Y / \partial q_i)_0 \Delta z_j + 1/2 \sum_{j=1}^k (\partial^2 q_i / \partial z_j^2)_0 \Delta z_j^2 + \sum_{j=1}^k \sum_{\tau=1}^k (\partial^2 q_i / \partial z_j \partial z_{\tau})_0 \Delta z_j \Delta z_{\tau}.$$

Суммируя все погрешности, получили полное линейризованное уравнение статической погрешности головки

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

где 1-е слагаемое - погрешность базирования детали; 2-е слагаемое - погрешность головки; 3-е слагаемое - погрешность закрепления детали.

После приведения этого выражения к стандартной форме и определения коэффициентов влияния S , получили уравнение, хорошо поддающееся теоретико-вероятностной обработке с выявлением вероятности попадания параметров точности головки в заданную область, а также расчету доверительных границ полей допусков ее элементов.

Общую погрешность ΔY можно представить в виде суммы основной и дополнительной $\Delta Y = \Delta Y_{\text{осн}} + \Delta Y_{\text{доп}}$, т.е. разбить общую погрешность на две составляющие по их функциональной роли в головке. Основная погрешность есть функция внутренних факторов при нормированных условиях эксплуатации, а дополнительная погрешность добавляется при влиянии внешних факторов, связанных с измененными условиями эксплуатации. Тогда основная погрешность выразится

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

Дополнительная погрешность

$$\Delta Y_{\text{доп}} = \sum_{i=1}^n \{ (\partial Y / \partial q_i)_0 \sum_{j=1}^k [(\partial q_i / \partial z_j)_0 \Delta z_j] \} \quad (2)$$

Для упрощения анализа уравнения (1 и 2) приводили их к стандартной форме. Известно, что любая функция в стандартной форме представляется как $y = a + vx + cx^2 + \dots$, которая обладает рядом преимуществ при ее исследовании, так как есть возможность выделения аддитивной (I), мультипликативной (II) и степенного компонентов (III).

После несложных преобразований и перегруппировки членов получили стандартную форму уравнений погрешности:

$$\begin{aligned} \Delta Y_{\text{осн}} = & a_0 + b_0 x + c_0 x^2 + \dots + \sum_{i=1}^n (a_i + b_i x + c_i x^2 + \dots) \Delta q_i = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \times \\ & \times \Delta q_i + (b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \Delta q_i) x + (c_0 + \sum_{i=1}^n c_i \Delta q_i) x^2 + \dots, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta Y_{\text{доп}} = & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (a_i + b_i x + c_i x^2 + \dots) (a_{ij} + b_{ij} x + c_{ij} x^2 + \dots) \Delta z_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k a_{ij} a_{ij} \times \\ & \times \Delta z_j + [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (a_i b_{ij} + b_i a_{ij}) \Delta z_j] x + [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (a_i c_{ij} + b_i b_{ij} + c_i a_{ij}) \Delta z_j] x^2 + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Для распространения полученных зависимостей на различные виды головок уравнения (3) и (4) привели к безразмерному виду, путем введения следующих безразмерных коэффициентов: относительной величины входного параметра $X_{\text{осн}} = X/X$; основной приведенной относительной погрешности $\xi_{\text{осн}} = \Delta Y_{\text{осн}}/Y$; дополнительной приведенной относительной погрешности $\xi_{\text{доп}} = \Delta Y_{\text{доп}}/Y$; основной относительной погрешности параметра $\eta_i = \Delta q_i/q_i$; относительной величины изменения внешних факторов $\mu_i = \Delta z_j/z_j$.

Полученные зависимости позволили произвести анализ конструкций унифицированных и специальных делительных головок, а также произвести оптимизацию их конструктивных элементов.