

УДК 621.9-529

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Сихимбаев М.Р., Шеров К.Т., Боярский В.Г., Муравьев О.П.

*Карагандинский государственный технический университет,
Караганда, e-mail: smurat@yandex.ru*

В статье предложена методика проектирования и эффективного использования управляемой технологической оснастки в зависимости от основных факторов процесса и технологических параметров механической обработки деталей. Применение системы автоматического управления (САУ) при растачивании отверстий позволяет учесть неравномерности припуска на переходах обработки, предшествующих растачиванию, а также предельных величин упругих отжатию инструмента, управление которыми будет осуществляться при использовании САУ. Перспективным представляется управление расположением отверстий, которое зависит от погрешности позиционирования станка и смещений детали в процессе резания вследствие переменной силы резания и жесткости технологической системы в различных направлениях.

Ключевые слова: система автоматического управления, упругие отжатию технологической системы, технологическая оснастка, растачивание отверстий

APPLICATION PROCESS ACCESSORIES FOR HANDLING PRECISION HOLE

Sikhimbayev M.R., Sherov K.T., Boyarsky V.G., Muravyev O.P.

The Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: smurat@yandex.ru

The paper proposed a method for the design and effective use of controlled tooling, depending on basic factors of the process and technological parameters of machining. The use of an automatic control system (ACS) for boring holes allows to take into account non-uniformity of allowance for conversion processing prior to boring, as well as the elastic limit wrung a tool that will be managed using the ACS. Promising to control the location of holes, which depends on the accuracy of positioning of the machine and the displacement components in the cutting process due to variable cutting forces and the rigidity of a technological system in different directions.

Keywords: automatic control system, the elastic squeezing of technological systems, technological equipment, drilling of holes

Известно [1, 2], что систематические погрешности от упругих отжатию технологической системы могут быть компенсированы подналадкой инструмента или введением корректирующих действий в траекторию относительных перемещений инструмента и детали (например, при растачивании отверстий) с помощью органов управления станка по результатам предварительных измерений заготовки.

Однако управление погрешностями расположения и формы растачиваемых отверстий, являющихся следствием действия переменных (случайных) силовых воздействий, не возможно этими способами из-за отсутствия информации о текущем значении погрешности (текущем радиусе обрабатываемого отверстия) и недостаточного быстрого действия исполнительных механизмов станка.

Следовательно, при конструировании систем автоматического управления (САУ) для обеспечения необходимого быстрого действия и надежного съема информации при ее работе необходимо применение [3, 4]:

1) емкостных датчиков перемещений, имеющих высокую чувствительность, малые габариты и высокий уровень выходного сигнала, которые обеспечивают высокую точность измерений упругих отжатию вершины резца в пределах 0-0,04 мм;

2) исполнительного двигателя, позволяющего производить управление отжатию пропорционально уровню сигнала датчика с точностью отработки управляющего воздействия не менее 0,001 мм. Целесообразно применение в качестве исполнительного двигателя пьезоэлектрических электро-механических преобразователей перемещений, имеющих диапазон управляющих перемещений $\pm 0,04$ мм при напряжении питания 300 В (собственная частота колебаний $f = 10$ кГц, развиваемое усилие $P = 12$ кН при длине двигателя $L_d = 215$ мм и диаметре $D_d = 20$ мм);

3) обеспечить не менее, чем пятикратное превышение частоты собственных колебаний устройства над частотами возмущающих воздействий в процессе резания.

Использование САУ при механической обработке деталей преследует основную цель – повышение точности формы и расположения обрабатываемых деталей (в нашем случае, при растачивании отверстий) и расширения технологических возможностей станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы.

Как показали исследования [5], диаметральные и линейные размеры обрабатываемых отверстий налагают определенные ограничения на конструктивные и технологические особенности САУ, состояние обо-

рудования и условия процесса обработки поверхности. В связи с этим необходима методика проектирования подобных систем с учетом конкретных условий обработки.

Предлагаемая последовательность проектирования САУ позволит расширить технологические возможности метода обработки отверстий растачиванием и учесть основные погрешности, возникающие в процессе резания. Преимущественно это неравномерности припуска на переходах обработки, предшествующих растачиванию, а также предельных величин упругих отжатию инструмента, управление которыми будет осуществляться при использовании САУ.

Система автоматического управления, работающая по принципу стабилизации положения вершины резца, предназначена для компенсации упругих смещений управляемого элемента технологической системы (в данном случае резца), которые обусловлены изменениями сил резания и неравномерной жесткостью технологической системы в различных направлениях в процессе резания. Для управления погрешностью формы и расположения отверстий необходимо, как было сказано ранее, чтобы САУ отвечала определенным технологическим требованиям по быстрдействию отработки управляющего воздействия и надежного съема информации. В этой связи, применение измерительных машин серии «ОПТОН», развитое программное обеспечение которых позволяет получить необходимую информацию о погрешностях заготовки перед обработкой, и использование емкостных датчиков перемещений дадут необходимую

информацию о текущем радиусе обрабатываемого отверстия. Эти данные необходимы для оценки возможностей применения управляемой технологической оснастки, работающей по принципу стабилизации положения формообразующей вершины резца в процессе резания.

Наибольший интерес представляют предельные значения глубины резания t_{max} текущего радиуса обрабатываемой поверхности, которые определяют в основном величины упругих отжатию резца при резании и являются входными характеристиками для системы управления.

После получения информации об изменениях глубины резания (t) этапы проектирования технологической оснастки выполняются в следующем порядке:

■ С учетом фактических значений глубины резания определить значения составляющих силы резания P_x и P_y по формулам [1]:

$$P_y = C_{Py} [t(\phi)]^{X_{Py}} S^{Y_{Py}} V^{Z_{Py}} K_{Py}; \quad (1)$$

$$P_x = C_{Px} [t(\phi)]^{X_{Px}} S^{Y_{Px}} V^{Z_{Px}} K_{Px},$$

где C_{Py}, C_{Px} – постоянные, зависящие от материала заготовки; $t(\phi)$ – изменение глубины резания от поворота заготовки на угол ϕ ; S, V – соответственно подача и скорость резания, (мм/мин, м/с); K_{Py}, K_{Px} – поправочные коэффициенты; $X_{Py}, X_{Px}, Y_{Py}, Y_{Px}, Z_{Py}, Z_{Px}$ – показатели степени.

■ Определить значение упругих отжатию инструмента (y) подстановкой значений P_x и P_y в уравнение продольно-поперечного изгиба стержня [6]:

$$y = \frac{1}{k^2} \cdot \frac{-\left\{C_P [t(\phi)]^{X_P} S^{Y_P} V^{Z_P} K_P\right\} r + \left\{C_P [t(\phi)]^{X_P} S^{Y_P} V^{Z_P} K_P\right\} l}{EJ} (1 - \cos kx) - \frac{1}{k^3} \frac{C_P [t(\phi)]^{X_P} S^{Y_P} V^{Z_P} K_P}{EJ} (kx - \sin kx), \quad (2)$$

где k – изменение упругого отжатию инструмента по гармоническим составляющим функций $\cos kx$ и $\sin kx$; EJ – изгибная жесткость стержня; r – радиус заготовки; l – длина заготовки.

■ Исходя из требований по точности обработки поверхности отверстий, определить значение передаточной функции системы управления, которая обеспечит заданные параметры точности детали при известных (предельных) значениях погрешности заготовки.

■ Используя программный пакет для расчета параметров САУ «MatLab», «MatCAD», найти значения коэффициентов T_1, T_2, T_3, K, K_{oc} определяющего уравнения,

которые обеспечат системе автоматического управления расчетные значения передаточной функции по характеристикам переходного процесса и полосе пропускания частот системы.

Технико-экономический эффект от использования данной оснастки обусловлен следующим:

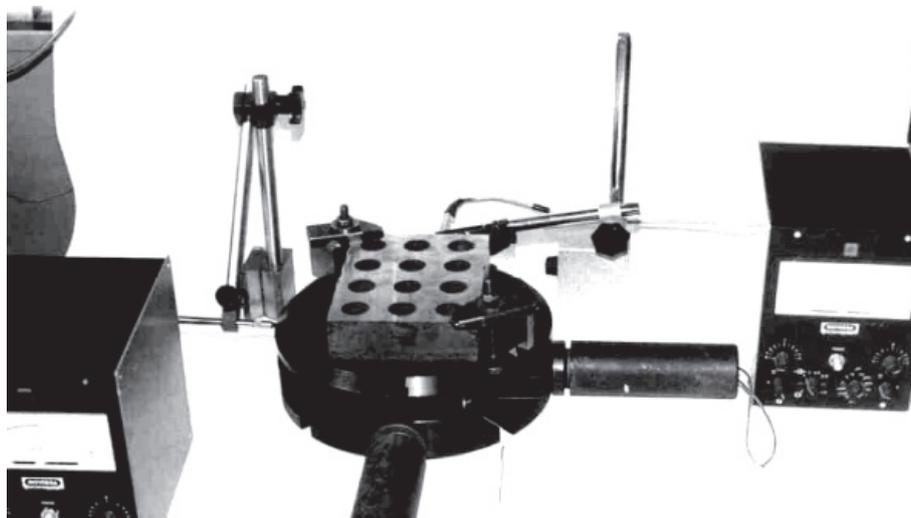
► уменьшением количества рабочих ходов, необходимых для достижения заданной точности отверстий по сравнению с обработкой без использования САУ, а также снижением требований к точности предварительной обработки отверстий;

► возможностью, в обоснованных случаях, назначать чистовое точение отверстий

в качестве окончательного вида обработки, поскольку точность формы и расположения отверстий, достигаемая с применением системы, сравнима с точностью отделочных видов обработки деталей.

Кроме того, перспективным представляется управление расположением отверстий, которое зависит от погрешности по-

зиционирования станка и смещений детали в процессе резания вследствие переменной силы резания и жесткости технологической системы в различных направлениях. Для этих целей может быть использован двухкоординатный стол (рисунок), оснащенный пьезоэлектрическими электромеханическими преобразователями перемещений.



Двухкоординатный управляемый стол

Погрешность позиционирования станка компенсируется внесением поправки по результатам измерений в двух взаимоперпендикулярных направлениях. При использовании управляемого двухкоординатного стола наибольшее отклонение расположения отверстий, в пределах 0,015–0,018 мм, фиксировалось у пяти отверстий, а в остальных случаях отклонения расположения уменьшились до 0,010–0,014 мм. Результаты по точности расположения отверстий без использования управляемого двухкоординатного стола значительно хуже: все обработанные отверстия имели отклонения расположения в пределах 0,035–0,045 мм.

Предлагаемое устройство позволяет уменьшить погрешность формы и расположения растачиваемых отверстий, учесть влияние технологических параметров на обработку высокоточных отверстий, а также совместить несколько технологических переходов в один.

Таким образом, предлагаемая последовательность проектирования САУ позволит предварительно рассчитать конструктивные и технологические особенности применяемой САУ для управления формообразующей вершиной резца в процессе резания, учесть основные погрешности, возникаю-

щие в процессе резания, величину подналадочного перемещения резца, а это, в свою очередь, обеспечит точность формы и расположения обрабатываемых отверстий.

Список литературы

1. Корсаков В.С. Точность механической обработки. – М.: Машгиз, 1961. – 379 с.
2. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. – М.: Машиностроение, 1977. – 304 с.
3. Сихимбаев М.Р. Экспериментальные исследования технологической оснастки для управления точностью обработки при растачивании отверстий // Труды университета. – Караганда: КарГТУ, 2002. – №3. – С. 21–22.
4. Сихимбаев М.Р. Исследование системы автоматического управления для стабилизации формообразующей вершины металлорежущего инструмента // Труды университета. – Караганда: КарГТУ, 2002. – №3. – С. 13–14.
5. Сихимбаев М.Р. Демпфирование колебаний резца при растачивании отверстий. // Труды университета. – Караганда: КарГТУ, 2000. – №1. – С. 6–7.
6. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1974. – 560 с.

Рецензент –

Тутанов С.К., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Высшая математика» Карагандинского государственного технического университета, г. Караганда.

Работа поступила в редакцию 14.09.2011.