

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ НАСТРОЙКЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ

Братан С.М., Канареев Ф.Н., Новиков П.А.
(СевНТУ, г. Севастополь, Украина)

An algorithm is developed for tuning of the technological system taking into account descriptions of device of registration of signals and optimization of area of crossrunner of the throttling opening, which will allow to provide the burst performance of cutting of internal the screw-threads.

Введение

Для повышения качества и надежности технологических процессов в технологическую систему встраивается система диагностики, которая осуществляет контроль и анализ параметров технологического процесса [1].

При механической обработке широкое распространение получили следующие методы:

- акустической эмиссии [1, 2], который основан на сборе, регистрации и анализе волн упругой деформации;
- диагностики по силовым характеристикам процесса [1, 3];
- диагностики по ЭДС и температуре резания, для лабораторных исследований.

Для нарезания внутренних резьб малых диаметров в Севастопольском национальном техническом университете разработаны конструкции станков с пневматическими приводами, получившие широкое распространение на машиностроительных предприятиях в силу их высокой надежности и невысокой стоимости. Однако использование сжатого воздуха, в качестве рабочего тела, не позволяет осуществлять точную настройку станка и приводит к нестабильности параметров обработки.

Повышение эффективности резьбонарезания возможно за счет диагностики процесса. Существующие методы диагностики по акустической эмиссии и по силовым составляющим процесса обработки связаны с трудностями встраивания датчиков и методами приема сигналов с последних.

Цель настоящей работы заключается в повышении эффективности нарезания резьбы за счет разработки алгоритма, оптимизирующего сечение дросселирующего отверстия пневматического привода.

Основные результаты работы

В СевНТУ разработан способ диагностики процесса резьбонарезания по времени нарезания резьбы [4]. Принципиальная схема реализации способа, представлена на рисунке 1.

При нарезании резьбы шпиндель 4 из положения I перемещается в положение II, которое фиксируется датчиками 9 и 10, при этом с помощью устройства 11(которое может быть реализовано в виде платы сбора данных) определяется время перемещения. По мере износа инструмента возрастает момент резания и увеличивается время перемещения шпинделя, что обусловлено использованием в конструкции силовой головки пневмоцилиндра 1. Предложенная система оперативно определяет момент смены затупившегося инструмента, повышая при этом качество и надежность процесса, путем сравнения текущего времени перемещения шпинделя с некоторым пороговым значением.

Процесс нарезания резьб малых диаметров относится к быстропротекающим, что обуславливает сложности, возникающие при настройке станка.

Указанные трудности связаны с определением площади отверстия дросселя 8 и его изменением в процессе обработки.

Максимальная площадь дросселирующего отверстия с одной стороны обеспечивает максимальную производительность, с другой определяет “мертвую зону” для устройства регистрации 11.

Мертвой зоной названо такое сочетание регистрируемых устройством 11 сигналов, при котором изменяющийся за счет различных факторов аналоговый сигнал попадает в один и тот же цифровой импульс устройства.

Например, для карты сбора данных модели ЛА-50USB время регистрации, обработки и пересылки сигнала в ЭВМ составляет 50 мкс, если разность сигналов при обработке некоторой группы отверстий меньше 50 мкс, то устройство выдает одно и то же значение и изменение в протекании технологического процесса не наблюдается (см. рисунок 2).

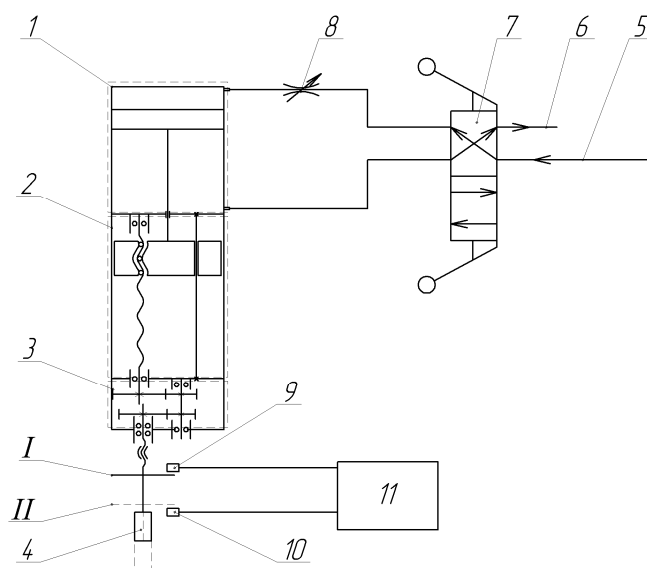


Рис. 1. Принципиальная схема оборудования

1 – пневмоцилиндр; 2 – узел преобразования движения; 3 – мультипликатор;
4 – шпиндель; 5 – подводящая магистраль; 6 – выхлопная магистраль; 7 – пневмораспределитель 4/2; 8 – дроссель; 9, 10 – датчики; 11 – регистрирующее устройство

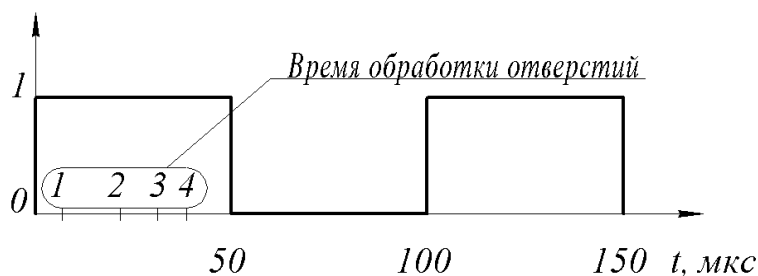


Рис. 2. Эффект “мертвой зоны”

Для эффективного протекания процесса резьбонарезания необходимо определить значение площади пропускного отверстия дросселя, удовлетворяющее максимальной производительности и отсутствию “мертвой зоны”.

Для решения поставленной задачи предлагается применить следующий алгоритм действий:

1. Определяется диапазон граничных значений момента резания $M_{\min}^{zp}$ и $M_{\max}^{zp}$ [4].
2. Полученный диапазон разбивается на некоторое количество частей, с необходимой величиной дискретизации между интервалами ΔM (см. рисунок 3).

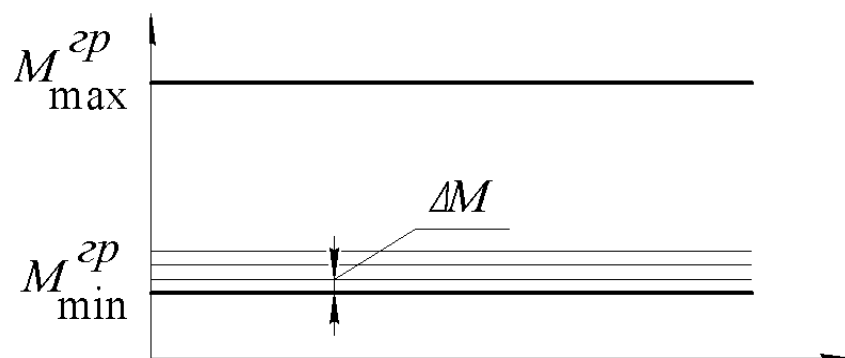


Рис. 3. Разбиение диапазона граничных значений

3. Для момента резания $M_{\min}^{zp}$ и $M_{\min}^{zp} + \Delta M$ определяется вектор значений $\vec{t}$ — время нарезания в зависимости от площади дросселирующего отверстия $\vec{f}_1$, при прочих всех одинаковых условиях. При этом используется математическая модель, характеризующая работу силовой резьбонарезной головки:

$$\left\{ \begin{array}{l} m \frac{d^2 x}{dt^2} = p_1 S_1 - p_2 S_2 - N_{mp} + G - F_4; \\ \frac{dp_1}{dt} = \frac{k f_1 K p_m \sqrt{RT}}{S_1 (x_{01} + x)} \varphi(\sigma) - \frac{k p_1}{(x_{01} + x)} \cdot \frac{dx}{dt}; \\ \frac{dp_2}{dt} = - \frac{k f_2 K p_2^{\frac{3k-1}{2k}} \sqrt{RT}}{S_2 (s + x_{02} - x) p_2^{\frac{k-1}{2k}}} \varphi(\sigma) + \frac{k p_2}{(s + x_{02} - x)} \cdot \frac{dx}{dt}; \\ \varphi(\sigma) = \begin{cases} 0,2588, & npu \quad \sigma \leq 0,528 \\ \sqrt{\frac{2}{\sigma^k - \sigma^{\frac{k+1}{k}}}}, & npu \quad 0,528 < \sigma < 1. \end{cases} \\ F_4 = \frac{P_5}{D_{cp}^2} \left(\frac{z_5}{z_6} \cdot \left(\frac{z_7}{z_8} \cdot \frac{z_9}{z_{10}} M_{pez} - J_{np7} \frac{d^2 \psi_7}{dt^2} - c_{ynp10-7} \psi_7 \right) - J_{np5} \frac{d^2 \psi_5}{dt^2} - c_{ynp6-5} \psi_5 \right) \end{array} \right.$$

где $m_{пр3}$ – приведенная суммарная масса возвратно-поступательно движущихся частей резьбонарезной головки; x – координата перемещение поршня; x_{01}, x_{02} – начальная и конечная координата положения поршня; p_1 – давление в полости цилиндра; p_2 – давление в штоковой полости цилиндра; p_m – давление воздуха магистральном трубопроводе; S_1 – площадь поршня в безштоковой полости; S_2 – площадь поршня в штоковой полости пневмоцилиндра; N_{mp} – сила трения в пневмоцилиндре; G – сила тяжести; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура воздуха; μ – коэффициент трения; k – показатель адиабаты; K – коэффициент; f_1 – эффективная площадь входного отверстия в безштоковой полости; f_2 – эффективная площадь входного отверстия в штоковой полости; σ – безразмерное давление; $Z_{7...10}$ – числа зубьев зубчатых колес; ψ_5, ψ_7 – угол поворота зубчатых колес 5 и 7; J_{np5}, J_{np7} – приведенный относительно вращающихся элементов момент инерции; $c_{ynp6-5}, c_{ynp10-7}$ – крутильная жесткость узла преобразования движения и мультипликатора; $M_{рез}$ – момент резания; D_{cp} – средний диаметр шлицевого вала; P_5 – шаг витков шлицев вала.

4. Полученные данные по пункту 3 аппроксимируются выражениями вида:

$$t_1 = A_1 e^{-b_1 f_1},$$

$$t_2 = A_2 e^{-b_2 f_1},$$

где t_1 — время перемещения шпинделя при моменте резания M_{min}^{cp} ;

t_2 — время перемещения шпинделя при моменте резания $M_{min}^{cp} + \Delta M$;

A_1, A_2, b_1, b_2 — коэффициенты соответствующие нагрузке при M_{min}^{cp} и $M_{min}^{cp} + \Delta M$;

f_1 — площадь дроселирующего отверстия.

Аппроксимированные данные представлены на рисунке 4

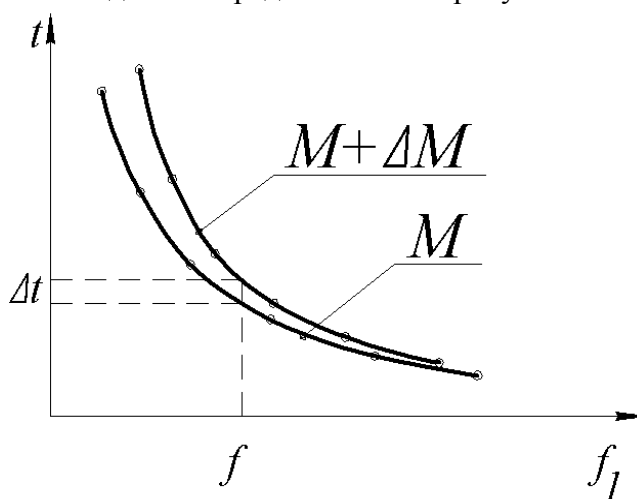


Рис. 4. Аппроксимированные данные по п.3

5. Определяется величина “мертвой зоны” по соотношению:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = A_2 e^{-b_2 f_1} - A_1 e^{-b_1 f_1},$$

при $k = \frac{A_1}{A_2}$, по зависимости:

$$\Delta t = A_2 e^{-b_2 f_1} (1 - k e^{(b_2 - b_1) f_1})$$

Оптимизированное значение площади дросселирующего отверстия находится из уравнения (1). Для устранения эффекта “мертвой зоны” и повышения чувствительности устройства 11 до уровня при котором оно реагирует на заданное минимальное приращение ΔM крутящего момента, необходимо увеличить Δt в 2—3 раза:

$$\Delta t(2 \div 3) = A_2 e^{-b_2 f_1} (1 - k e^{(b_2 - b_1) f_1}). \quad (1)$$

Уравнение (1) является нелинейным и решение его относительно f_1 возможно лишь численно. Однако оно не учитывает воздействующих на процесс возмущающих факторов, которые могут быть скомпенсированы коэффициентом K , определяемым например, основе экспериментальных исследований.

Тогда зависимость (1) примет вид:

$$\Delta t(2 \div 3) = A_2 e^{-b_2 f_1} (1 - k e^{(b_2 - b_1) f_1}) K.$$

Выводы

Разработанный алгоритм для настройки технологической системы с учетом характеристик устройства регистрации сигналов и оптимизации площади поперечного сечения дросселирующего отверстия обеспечивает высокую производительность резьбонарезания с необходимым качеством.

Предложенная методика в дальнейшем может быть адаптирована для управления процессом нарезания внутренних резьб малых диаметров в условиях гибкого автоматизированного производства в станочных системах оснащенных пневмо- и гидроприводами.

Список литературы: 1. Юркевич В.В. Контроль и диагностика в автоматизированном производстве/ В.В. Юркевич// Машиностроитель. – 2003. – №2. – С.36–41. 2. Девин Л.Н. Применение метода акустической эмиссии для оценки работоспособности резцов из АТП при точении алюминиевых сплавов/ Л.Н. Девин, Н.Е. Стахнив, А.Г. Найденко// Резание и инструмент в технологических системах. — Межд. научн.-тех. сборник. — Харьков: НТУ “ХПИ”, 2002. — Вып. 62. — С.44–47 3. Палей С.М. Контроль состояния режущего инструмента по силе резания/ С.М. Палей, Д.Н. Решетов, А.В. Антонов// Станки и инструмент. – 1992. – №2. – С.31-33. 4. Новоселов Ю.К. Диагностика процесса нарезания внутренних резьб малого диаметра (М2 – М6)/ Ю.К. Новоселов, Ф.Н. Канареев, П.А. Новиков// Резание и инструмент в технологических системах. — Межд. научн.-тех. сборник. — Харьков: НТУ “ХПИ”, 2006. — Вып. 70. — С.356–361.

Сдано в редакцию 22.01.07