

## ОДНОКОНТУРНАЯ СХЕМА ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ

КУЦ В.А.

[izvestiya@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiya@ktu.aknet.kg)

*Представлены материалы по разработке новой технологии обработки нежестких деталей.*

При обработке нежестких валов система станок – деталь – инструмент оказывается крайне податливой к действию внешних поперечных сил (сил резания), что существенно затрудняет их обработку. Возникающие трудности заключаются главным образом в том, что даже при небольших силах резания упругая система легко деформируется, и при этом образуются большие погрешности обработки. Кроме того, ось вала может быть легко искривлена вследствие перераспределения внутренних напряжений после снятия каждого слоя металла. Во многих случаях, также из-за неустойчивости системы, легко возбуждаются вибрации, которые бывают иногда столь интенсивными, что делают невозможным нормальное выполнение процесса обработки. Актуальность проблемы повышения точности и производительности обработки нежестких деталей очевидна.

Для выполнения поставленной задачи необходимо выбрать оптимальный параметр регулирования, управляя которым можно привести работу системы к наилучшему результату. Размером динамической настройки можно управлять, изменяя силу резания или жесткость. В свою очередь сила резания определяется как функция нескольких аргументов [1]:

$$P = f(C_p, t, s, v, k),$$

где  $C_p$  - коэффициент материала и условий обработки;

$t$  - глубина резания;

$s$  - продольная подача;

$v$  - скорость резания;

$k$  - коэффициент, зависящий от геометрии резца.

Таким образом, воздействовать на силу резания можно изменением любого аргумента. Однако выбор в качестве параметра регулирования любого аргумента не равноценен как с точки зрения повышения точности и производительности, так и практического воплощения.

Управлять силой резания в настоящее время посредством изменения  $C_p$  практически неудобно, так как для этой цели требуется менять свойства обрабатываемого материала. Осуществлять управление силой резания посредством изменения величины скорости резания также нецелесообразно ввиду неоднозначной зависимости между ними. Способ управления  $P$  через изменение глубины резания обладает следующими существенными недостатками. Величину  $t$  можно изменять путем изменения диаметрального размера заготовки или размера статической настройки. Первый способ практически нецелесообразен, так как потребует соответствующего изменения размеров заготовки. Второй недопустим по той причине, что функции  $P = f_1(t)$  и  $A_c = f_2(t)$  (где  $A_c$  – размер статической настройки) различны.

Допустим, что увеличение силы резания на  $\Delta P$  вызвало изменение величины упругого перемещения на  $\Delta y$ . Чтобы компенсировать это отклонение, необходимо уменьшить силу резания на величину  $\Delta P$ , для чего следует изменить глубину резания на  $\Delta t$ . Так как изменение глубины резания осуществляется изменением размера статической настройки, то  $A_c$  изменится на  $\Delta t$ . Если учесть, что обычно  $\Delta t \gg \Delta y$ , а изменение размера  $A_c$  на  $\Delta t$  соответствует изменению радиуса обрабатываемой детали на  $\Delta R \approx \Delta t$ , то отклонение величины упругого перемещения будет компенсировано, но при этом погрешность радиуса детали за счет изменения размера статической настройки увеличится. До регулирования погрешность радиуса равнялась  $\Delta y$ , после регулирования она будет равна  $\Delta t - \Delta y$ . Из изложенного следует, что регулировать силу резания посредством изменения глубины резания за счет изменения размера статической настройки при условии  $\Delta t > \Delta y$  недопустимо.

В настоящее время в качестве параметра регулирования широкое распространение получила продольная подача. Преимуществами выбора этого параметра регулирования являются возможность изменения вектора силы резания без изменения размера статической настройки и простота

конструктивного решения (на некоторых станках имеется бесступенчатый привод продольной подачи). Следует подчеркнуть одну особенность: при изменении величины продольной подачи вектор силы резания меняется не только по модулю, но и по направлению, так как величина продольной подачи входит в формулы составляющих силы резания с разными степенными показателями. Как известно, величина продольной подачи сказывается на шероховатости обработанной поверхности. Чтобы уменьшить это влияние, следует увеличивать радиус закругления вершины резца или предусматривать зачистную кромку с углом в плане  $\varphi_1 = 0$  и длиной = 1,5 мм. В тех случаях, когда деталь после токарной обработки подвергается последующей обработке (например, шлифованию) колебанием шероховатости поверхности можно пренебречь.

#### Разработка и описание одноконтурной схемы для обработки нежестких валов

При воздействии составляющей силы  $P_y$  мы имеем кривую деформации вала  $f$ . Кривая показывает: под действием составляющей силы резания  $P_y$  максимальная величина прогиба  $f$  будет находиться в середине вала.

Для того чтобы  $f = const$ , необходимо менять значения  $P_y$ , уменьшая ее значения до середины вала  $l/2$ , затем повышая её значения от  $l/2$  до  $l$ . Изменения  $P_y$  осуществляются путем управления подачи резца  $S$ . Такое автоматическое управление силой  $P_y$  возможно с применением новой системы автоматического управления режимами, которая разработана нами и представлена на рис. 1.

Используя математическую модель обработки нежестких валов, задаем в компьютер программу, которая передает информацию микропроцессору. Управляющие сигналы усиливаются в усилителе, затем усиленный сигнал поступает в регулятор, что приводит к изменению величины открытия щели  $h$ . При этом изменяется расход  $Q$ , изменяется величина подачи инструмента. И этим самым осуществляется регулирование  $P_y$  (рис. 1).

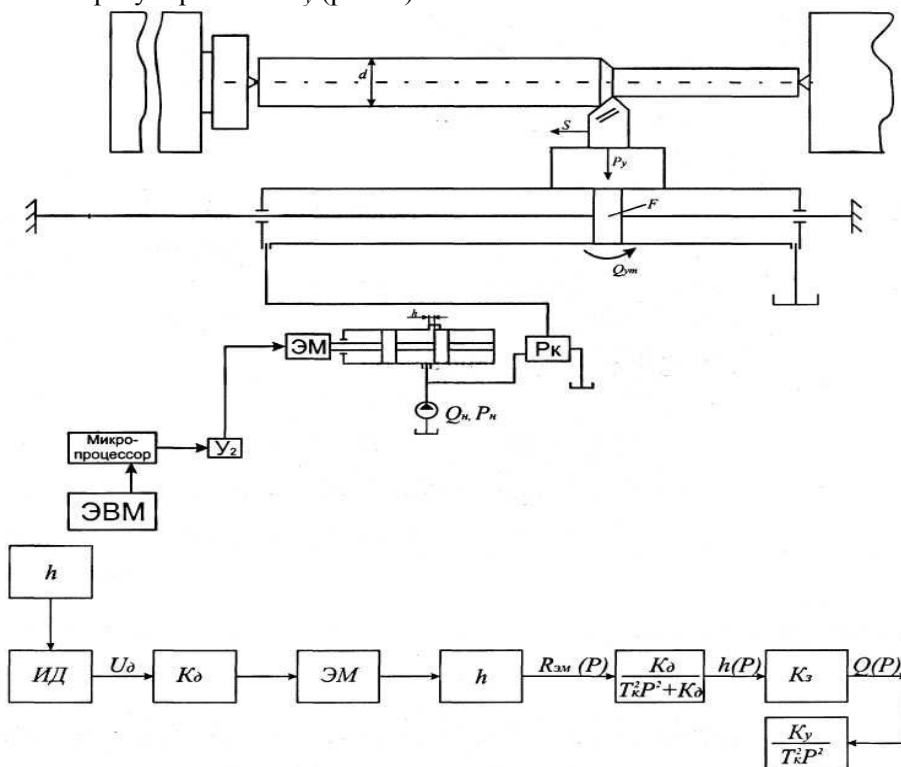


Рис. 1. Структурная схема новой технологии обработки нежестких валов

#### Математическая модель описания динамики движения жидкости

На рис. 2 показана схема регулятора расхода жидкости токарного станка [2].

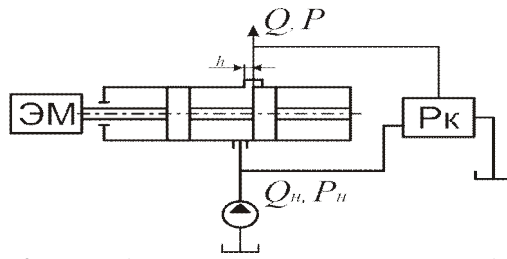


Рис. 2. Наглядная схема регулятора расхода жидкости

Дифференциальное уравнение, описывающее движение жидкости в золотнике, пишется следующим образом:

$$R_{эм} = m \frac{d^2 h}{dt^2} + \alpha \frac{dh}{dt} + ch; \quad \frac{m d^2 h}{c dt^2} + \frac{\alpha dh}{c dt} + h = \frac{1}{c}; \quad (1)$$

где  $m$  - масса золотника с учетом веса пружины и жидкости;

$h$  - величина открытия рабочего окна золотника;

$\alpha$  - коэффициент вязкого трения жидкости;

$c$  - коэффициент жесткости пружины;

$R_{эм}$  - сила электромагнита.

Введем дополнительные коэффициенты для удобства обозначения, появляющегося при решении дифференциального уравнения:

$$m = \frac{G}{g} = \frac{10}{1000} = 0,01;$$

$$T_k = \sqrt{\frac{m}{c}} = \sqrt{\frac{0,01}{80}} = 0,0011 = (c), \quad T_d = \frac{\alpha}{c} = \frac{0,8}{80} = 0,01 (c) - \text{постоянные демпфирования};$$

$$K_{эм} = \frac{1}{c} = \frac{1}{80} = 0,01 - \text{коэффициент усиления регулятора расхода.}$$

Окончательный вид неоднородного дифференциального уравнения второго порядка пишется следующим образом:

$$T_k^2 \frac{d^2 h}{dt^2} + T_d \frac{dh}{dt} + h = K_{эм} R_{эм} (c). \quad (2)$$

По правилам решения дифференциальных уравнений заменим  $\frac{dh}{dt} = P$ , получим:

$$W(P) = (T_k^2 P^2 + T_d P + 1) = K_{эм} R_{эм} \quad (3)$$

$$W(P) = \frac{K}{T_k^2 P^2 + T_d P + 1}$$

Решение неоднородного дифференциального уравнения второго порядка (2) определяется путем составления характеристического уравнения (3) и определения его корней при выполнении условия  $T_d \leq 2T_k$ :

$$P_1 = \frac{-T_d + \sqrt{T_d^2 - 4T_k^2}}{2T_k^2}, \quad P_2 = \frac{-T_d - \sqrt{T_d^2 - 4T_k^2}}{2T_k^2}.$$

$$h_{об.однор} = c_1 e^{P_1 t} + c_2 e^{P_2 t},$$

$$h_{об.неод} = K_{эм} R_{эм}.$$

Общее решение запишется:

$$h_{об.однор} = c_1 e^{P_1 t} + c_2 e^{P_2 t} + K_{эм} R_{эм}. \quad (4)$$

На рис. 3. показан график изменения величины открытой щели  $h$ .

#### Выводы:

1. Повышение производительности (обработка за один проход без переустановок).
2. Увеличение точности диаметрального размера обрабатываемых деталей.
3. Увеличение стойкости инструмента за счет стабилизации сил резания.

4. Возможность без переналадки обрабатывать детали типа тел вращения изменяя программу в ЭВМ.

Все это позволяет уменьшить затраты на производство и изготовление продукции.

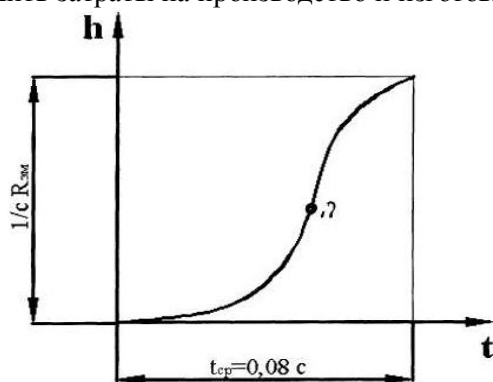


Рис. 3. График переходного процесса регулятора расхода жидкости

### Литература

1. Балакшин Б.С. Адаптивное управление станками. – М.: Машиностроение, 1973.
2. Муслимов А.П. Расчет и конструирование гидравлических систем станков. – Фрунзе, 1985.

