

## ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ НА ЧАСТОТУ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ

Пашинин А.В., Чернышев Е.А. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Процесс резания часто сопровождается вибрациями в системе СПИД, которые влияют на показатели качества детали. Поэтому исследование влияния различных факторов на параметры колебаний позволяет прогнозировать условия работы станка, которые оказывают влияние на качество обработки. Одним из таких факторов является глубина резания.

Чтобы проанализировать влияние глубины резания на частоту колебаний при резании, рассмотрим идеализированную схему точения цилиндрической заготовки (рис. 1), совершающей колебания в радиальном направлении.

Представим заготовку приведенной массой  $m$ , а действие жестко закрепленного резца - радиальной силой  $P_y$ , обуславливающей радиальные колебания заготовки, коэффициент статической жесткости которой обозначим  $c$ . Демпфер изображает потери энергии с коэффициентом вязкого трения (диссипации)  $b$ . Радиальной силе противодействуют восстанавливающая сила  $F_y$  и сила сопротивления  $F_c$ , которые представим прямо пропорциональными перемещению и скорости колебаний соответственно:

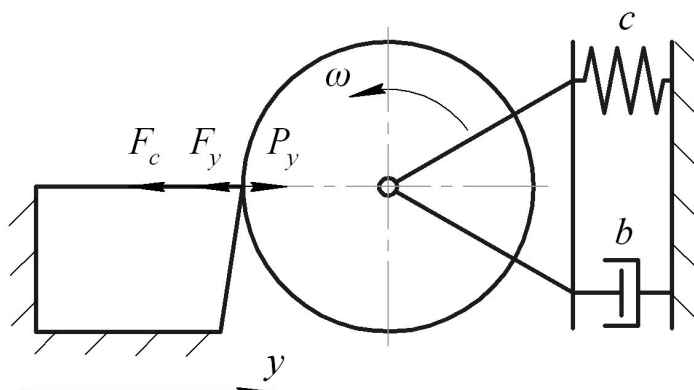


Рис. 1. Схема динамической системы резания с одной степенью свободы в радиальном направлении

$$F_y = cy, F_c = b\dot{y}.$$

Тогда уравнение движения будет иметь следующий вид

$$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = P_y.$$

Составляющую  $P_y$  силы резания запишем в виде [1]

$$P_y = 10C_p t^n S^p V^x K_p \quad (1)$$

и представим ее зависящей от радиальных колебаний.

Чтобы рассмотреть влияние мгновенной глубины резания на частоту колебаний при обработке, будем считать глубину переменной, а все остальные величины постоянными, объединив их в коэффициент  $K$ , который, согласно (1), запишем в виде

$$K = 10C_p S^p V^x K_p,$$

где  $C_p, K_p, n, p, x$  - эмпирические коэффициенты [1].

Тогда сила резания представляется так:

$$P_y = Kt^n,$$

где  $t$  - мгновенная глубина резания.

## ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Мгновенную глубину резания можно представить суммой постоянной (номинальной глубины) и переменной частей, т.е. собственно радиальных колебаний заготовки, описываемых функцией  $y$ :

$$t = t_0 - y,$$

где  $t_0$  - номинальная глубина резания.

Уравнение движения примет вид

$$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = K(t_0 - y)^n. \quad (2)$$

Пренебрежем в первом приближении потерями энергии, считая  $b=0$ , и разложим правую часть уравнения (2) в ряд Маклорена до линейного члена. В результате получим

$$m\ddot{y} + cy = Kt_0^n - Knt_0^{n-1}y. \quad (3)$$

Функцию  $y$  запишем в виде

$$y = y_1 + y_2,$$

где  $y_1$  - центрированные колебания,  $y_2$  - увод колебаний.

Определим увод колебаний из формулы (3), переписав ее в виде

$$m\ddot{y}_1 + (c + Knt_0^{n-1})(y_1 + y_2) = Kt_0^n.$$

Приравняв коэффициенты при  $y_1$  и  $y_2$ , получим два уравнения

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{y}_1 + (c + Knt_0^{n-1})y_1 &= 0, \\ (c + Knt_0^{n-1})y_2 &= Kt_0^n. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Из второго уравнения системы (4) определим увод колебаний:

$$y_2 = \frac{Kt_0^n}{c + Knt_0^{n-1}}.$$

Из первого уравнения системы (4) найдем частоту колебаний:

$$\omega = \sqrt{\frac{c + Knt_0^{n-1}}{m}} \quad (5)$$

Зададимся следующими исходными данными: приведенная масса заготовки  $m = 18$  кг, материал заготовки – сталь 40Х, материал режущей части инструмента – Т5К10, вылет заготовки 300 мм, диаметр заготовки 100 мм, геометрические параметры резца:  $\alpha = 3^\circ, \gamma = 9^\circ, \beta = 78^\circ, \varphi = \varphi_1 = 45^\circ, \varepsilon = 90^\circ, \lambda = 0^\circ$ , размеры державки резца 16×25 мм, радиус скругления при вершине  $r = 2$  мм, состояние поверхности заготовки – без корки,  $R_a$  6,3 мкм, стойкость инструмента  $T = 45$  мин. Определим частоту вибраций заготовки по формуле (5) при различных значениях глубины резания (от 0,2 мм до 5 мм с шагом 0,2 мм) и коэффициента статической жесткости детали. Результаты вычислений сведем в таблицу 1 (с шагом глубины резания 1 мм) и построим график (рис. 2).

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что с увеличением статической жесткости заготовки влияние глубины резания на циклическую частоту радиальных колебаний заготовки уменьшается. Например, при  $c = 10^5$  Н/м изменение частоты составляет 15%, а при  $c = 10^8$  Н/м - 0,1%. Из этого можно заключить, что глубина

## ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

резания почти не влияет на циклическую частоту колебаний. Полученные результаты не противоречат опытным данным [2 – 4].

Таблица 1. Зависимость циклической частоты радиальных колебаний заготовки от номинальной глубины резания при различных значениях статической жесткости

Глубина резания $t_0$ , мм	Циклическая частота $\omega$ , рад/с, при коэффициенте жесткости $c$ , Н/м			
	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^8$
1	200	298	761	2341
2	194	294	759	2340
3	191	292	758	2340
4	188	291	758	2340
5	186	289	757	2339

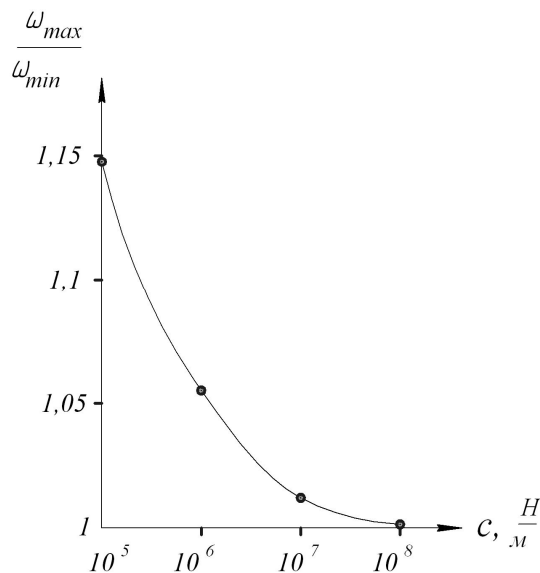


Рис. 2. Зависимость изменения циклической частоты от жесткости детали:  $\omega_{max}$  – циклическая частота при  $t_0 = 0,2$  мм,  $\omega_{min}$  – циклическая частота при  $t_0 = 5$  мм

Из графика (рис. 2) можно сделать вывод, что статическая жесткость  $c$  влияет на частоту в большей степени, чем добавка  $Knt_0^{n-1}$  (см. уравнение (5)), представляющая собой динамическую «жесткость» и включающая в себя глубину резания.

**Список литературы:** 1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. - 496 с. 2. Каширин А.И. Исследование вибраций при резании металла / А.И. Каширин. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1944. – 133 с. 3. Ильницкий И.И. Колебания в металлорежущих станках и пути их устранения / И.И. Ильницкий. – М.-Свердловск: Машгиз, 1958. – 144 с. 4. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. – М.-Л.: Машгиз, 1955. – 515 с.