

ВЛИЯНИЕ ЗАТУПЛЕНИЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА НА АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ЦИКЛОМ КРУГЛОГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Махаринский Е.И., Рыклин Д.Б.

Разработан алгоритм определения сочетания параметров управления ступенчатым рабочим циклом круглого врезного шлифования, не приводящего к нарушению силовых и теплового ограничений производительности и минимизирующего затраты времени на выполнение рабочего цикла [1]. При этом принимались допущения, что режущая способность и радиус шлифовального круга в течение рабочего цикла не изменяются. Однако, режущая способность круга может значительно изменяться за время нескольких рабочих циклов, особенно первое время после правки. Затупление круга зависит от режима работы и правки круга. Принимать коэффициент режущей способности постоянным можно только как первое приближение при анализе влияния условий шлифования на алгоритм управления рабочим циклом.

Для более точной оптимизации рабочего цикла шлифования необходимо получить новые модели переходных процессов и ограничений с учетом затупления.

Модель изменения производительности и радиальной силы во время переходного процесса можно получить из анализа уравнения баланса скоростей. Для случая круглого врезного шлифования скорость радиальной подачи S шлифовального круга "расходуется" на скорость изменения радиуса заготовки r , на скорость изменения упругой деформации y технологической системы (износ круга не учитывается). Из уравнения баланса скоростей получаем

$$S = \frac{dr}{d\tau} + \frac{dy}{dt} = \frac{K_p P_y}{\pi d B} + \frac{1}{j} \frac{dP_y}{dt} \quad (1)$$

где τ - время шлифования; K_p - коэффициент режущей способности шлифовального круга; j - жесткость технологической системы; d, B - соответственно, диаметр и ширина шлифования.

На основании анализа немногочисленных опубликованных результатов экспериментов можно предположить следующую модель затупления круга [2]

$$K_p = K_{p_0} \frac{\beta + \gamma\tau}{\beta + \tau} \quad \text{или} \quad K_s = \frac{K_p}{K_{p_0}} = \frac{\beta + \gamma\tau}{\beta + \tau} \quad (2)$$

где K_{p_0} - коэффициент режущей способности сразу после правки, τ - время после правки, K_s - коэффициент затупления, β и γ - параметры модели, зависящие от условий шлифования и правки круга.

В соответствии с [3] были получены приблизительные зависимости параметров β и γ от радиальной силы

$$\beta = \frac{A_\beta P_y}{B_\beta + P_y}; \quad \gamma = \frac{A_\gamma P_y}{B_\gamma + P_y} \quad (3)$$

Но модель (2) можно использовать только для расчета переходного процесса сразу после правки ($\tau_0 = 0$). А если в некоторый момент времени τ_0 коэффициент режущей способности равен K_{p1} , а радиальная сила - P_{y0} , то можно предположить модель затупления в виде

$$K_3 = \frac{K_{p1}}{K_{p0}} \frac{K_p}{K_{p1}} = K_{30} K'_3; \quad K'_3 = \frac{\beta' + \gamma' \Delta\tau}{\beta' + \Delta\tau}; \quad \Delta\tau = \tau - \tau_0 \quad (4)$$

β' и γ' в модели K_3 имеют тот же смысл, что β и γ в модели K_3 .
 γ' равно значению, которое принимает K_3 , когда время работы круга после правки стремится к бесконечности. То есть

$$\gamma = K_3(\tau \rightarrow \infty); \quad \gamma' = K'_3(\Delta\tau \rightarrow \infty)$$

Тогда

$$\gamma' = \frac{\gamma}{K_{30}} \quad (5)$$

β - время, за которое K_3 принимает среднее значение;
 β' - время, за которое принимает среднее значение. После преобразований получаем

$$\beta' = \beta + \tau_0 \quad (6)$$

Для определения модели изменения радиальной силы во время переходного процесса уравнение (1) можно представить в виде

$$\frac{dP_y}{d\tau} = Sj - KK_3 P_y; \quad K = \frac{K_{p0} j}{\pi dB} \quad (7)$$

Из-за сложной зависимости K_3 от силы P_y уравнение можно решить только численно. Уравнение решалось методом Рунге-Кутты на ЭВМ при начальных условиях τ_0 , P_{y0} , K_{30} .

Также можно определить изменение во времени линейной производительности, представив уравнение (1) в виде

$$V_r = S - \frac{1}{j} \frac{dP_y}{d\tau}; \quad (8)$$

заменив $\frac{dP_y}{d\tau}$ на $\frac{\Delta P_y}{\Delta\tau}$, где ΔP_y - изменение радиальной силы за время $\Delta\tau$, а $\Delta\tau$ - очень мало (при решении принималось $\Delta\tau = 0.001$ с). Зная изменение радиальной силы и линейной производительности во времени, можно рассчитать значение K_3 в каждый момент времени

$$K_3 = \frac{\pi dB V_r}{K_{p0} P_y} \quad (9)$$

ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм, позволяющий рассчитывать значения радиальной силы, линейной производительности и коэффициента режущей способности в любой момент времени при некоторых начальных условиях.

2. Разработанный алгоритм может быть использован для оптимизации ступенчатого рабочего цикла круглого врезного шлифования с учетом затупления шлифовального круга.

3. В результате моделирования установлено, что значения радиальной силы и линейной производительности шлифования, рассчитанные с учетом затупления, могут значительно отличаться от значений, полученных без учета затупления (рис. 1).

4. Установлено, что с затуплением круга изменяется форма ограничений линейной производительности (рис. 2).

Литература:

1. Отделочно-упрочняющая технология в машиностроении. Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции. / Под ред. д.т.н., проф. В.А.Горохова. Часть 1. - Мн. : Федерация НТОМ СНГ, НТОМ РБ, 1994.
2. Махаринский Е.И. Технологические основы управления процессом шлифования. - М.: СНИО СССР, 1990.
3. Кенджаев Х.Х. Исследование затупления шлифовального круга. Передовой научно-технический и производственный опыт. Режущие инструменты, абразивы, заточные работы и организация инструментального хозяйства. - М.: Филиал ВИАТИ, 1957.

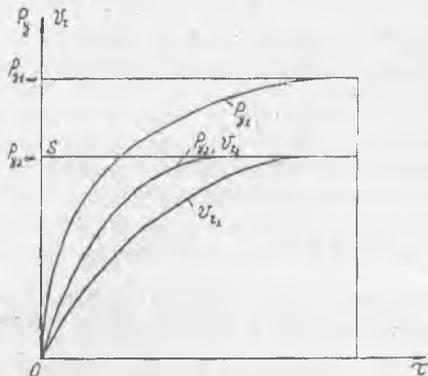
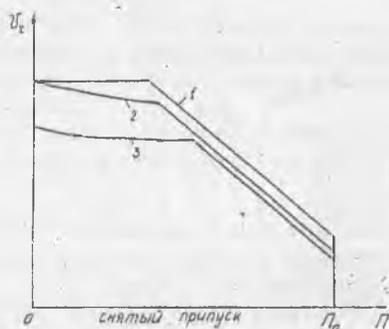


Рис. 1. Зависимость радиальной силы и левяной производительности от времени шлифования с учетом (1) и без учета (2) затупления.



- 1-ограничения без учета затупления
- 2-после 1-го рабочего цикла
- 3-после 2-го рабочего цикла

Рис. 2. Изменения формы ограничений производительности при затуплении шлифовального круга.