

А.А. Якимов, Ф.В. Новиков
Д.В. Кутяков – Государственный
Политехнический университет, г. Одесса

Связь динамических характеристик процесса шлифования
зубчатых колес с производительностью обработки

При шлифовании фактическая глубина резания связана с лимбовой выражением:

$$t_{\phi} = \frac{C \cdot t_1}{C + K^*}, \quad (1)$$

где C – жесткость станка при неподвижном шпинделе;

K^* – комплексный показатель, связывающий режимы обработки, состояние круга и динамическую жесткость станка при отсутствии автоколебаний с производительностью обработки.

Радиальная составляющая P_y также связана с величинами C и K^* :

$$P_y = C \cdot t_1 \cdot \left(1 - \frac{C}{C + K^*}\right), \quad (2)$$

Составляющую силы резания P_z можно представить в виде:

$$P_z = P_{z_{mp}} + P_{z_{рез}}, \quad (3)$$

где $P_{z_{mp}}$, $P_{z_{рез}}$ – соответственно составляющие F_z от трения зерна по поверхности металла и непосредственно от резания.

Составляющая $P_{z_{mp}}$ определяется:

$$P_{z_{mp}} = f \cdot P_y, \quad (4)$$

где f – коэффициент трения пары абразивное зерно – обрабатываемый материал.

Коэффициент шлифования $K_{ш}$ представим в виде:

$$K_{ш} = \frac{P_z}{P_y} = \frac{P_{z_{рез}}}{C \cdot t_1 \cdot (1 - C / (C + K^*))} + \frac{P_{z_{mp}}}{C \cdot t_1 \cdot (1 - C / (C + K^*))} \cdot K_{ш_{рез}} + f. \quad (5)$$

В таблице представлены экспериментальные значения мощности, затрачиваемой на шлифование, и силы P_z при шлифовании образцов из стали марки 12Х2Н4 кругом 24А40М36К6 при $V_{рез} = 30$ м/с; $V_{см} = 6$ м/мин по упругой схеме шлифования ($P_y = 60$ Н – const).

По экспериментальным данным рассчитывались: коэффициент шлифования $K_{ш}$ и работа A , затрачиваемая на резание. Установлено, что по мере затупления круга параметры P_z , $K_{ш}$ и t уменьшаются, а энергозатраты (работа A) – возрастают.

Из анализа приведенных в таблице данных видно, что с увеличением времени шлифования до 5 минут глубина резания уменьшается в 10 раз, мощность, затрачиваемая на резание, - в 1,87 раза, энергозатраты возрастают в 5,8 раза, коэффициент шлифования $K_{ш}$ уменьшается с 0,84 до 0,256,

коэффициент трения изменяется незначительно (в пределах 0,153...0,206), доля энергии, уходящей на трение $f / K_{ш}$ изменяется в пределах 31,9 – 63,3 %.

Таблица

№	Время шлифования	Средняя глубина шлифования за 5 проходов t , мм	Мощность P , Вт	$P_z \cdot 10$, Н	$K_{ш}$	A , Дж/мм	Коэффициент трения f	$K_{ш\text{рез}}$	$f / K_{ш}$
1	0,1	0,037	840	2,88	0,840	32,4	0,153	0,327	31,9
2	0,5	0,013	654	2,24	0,373	72	0,180	0,193	48,2
3	1,0	0,008	630	2,15	0,358	112	0,206	0,152	57,5
4	2,0	0,006	522	1,79	0,299	124	0,167	0,132	55,9
5	3,0	0,005	480	1,64	0,273	137	0,153	0,120	56,0
6	5,0	0,003	450	1,53	0,256	188	0,156	0,100	61,3

Установлена взаимосвязь физических параметров процесса шлифования и производительности обработки Q :

$$Q = \frac{P_y \cdot V_{кр} \cdot (K_{ш} - f)^2}{2 \cdot [\sigma]_{сж}} \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что на производительность процесса шлифования наибольшее влияние оказывает квадрат разности $(K_{ш} - f)^2$. Этот параметр (равный квадрату $K_{ш\text{рез}}$) изменяется от нуля при переходе от процесса трения к процессу резания $K_{ш} \approx f$ до значений 0,5...0,7 в случае высокопроизводительного шлифования.

Из приведенного анализа вытекает вывод: управлять производительностью процесса шлифования можно на основе оптимизации параметра $K_{ш\text{рез}}$. Увеличить или стабилизировать во времени $K_{ш\text{рез}}$ можно за счет снижения интенсивности износа круга и повышения его стойкости. Это достигается за счет использования высокопрочных сверхтвердых материалов, эффективных СОЖ, твердых смазок, импрегнированных кругов и применения метода прерывистого шлифования.