

Кленов О.С., Фирма “ДиМерус Инженеринг”, Харьков, Украина
 Новиков Ф.В., ХНЭУ, Харьков, Украина
 Минчев Р.М., ХНЭУ, Харьков, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ВЫСОКОТОЧНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Повышение точности механической обработки является важнейшей задачей технологии машиностроения. Поэтому исследованию факторов, влияющих на параметры точности обработки, в научно-технической литературе постоянно уделяется большое внимание. В особой мере это относится к исследованию закономерностей изменения упругих перемещений при резании и их аналитическому описанию с целью определения оптимальных условий обработки по критерию наибольшей производительности с учетом ограничения по точности обрабатываемой поверхности. В связи с этим, в настоящей работе предложено новое теоретическое решение определения величины упругого перемещения y , возникающего в технологической системе при механической многопроходной обработке (по жесткой схеме), с учетом следующих зависимостей:

$$y = n \cdot t_n - \sum_{i=1}^n t; \quad y = \frac{P_y}{c} = \frac{P_z}{K_{рез} \cdot c} = \frac{\sigma \cdot F}{K_{рез} \cdot c},$$

где n – количество проходов инструмента; t_n, t – номинальная и фактическая глубины резания, м; P_y, P_z – радиальная и тангенциальная составляющие силы резания, Н; c – приведенная жесткость технологической системы, Н/м; $K_{рез} = P_z / P_y$ – коэффициент резания; σ – условное напряжение резания, Н/м²; F – площадь поперечного сечения среза, м².

При точении $F = S \cdot t$, где S – подача, м/об. При шлифовании $F = Q / V_{кр}$, где $Q = \pi \cdot D \cdot t \cdot S_{прод}$ – производительность обработки, м³/с; D – диаметр обрабатываемой детали, м; t – фактическая глубина шлифования, м; $S_{прод}$ – скорость продольной подачи, м/с; $V_{кр}$ – скорость круга, м/с. Исходя из этого и

учитывая зависимость $y = B_1 \cdot t$ (где $B_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot S_{прод} \cdot \sigma}{K_{рез} \cdot c \cdot V_{кр}}$ – безразмерная величина)

на) доказано, что фактическая глубина шлифования t на каждом проходе инструмента является членом разложения биномиального ряда:

$$t = t_n \cdot \left\{ 1 - \left[1 - \frac{1}{(1 + B_1)} \right]^n \right\} = t_n \cdot \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{B_1} \right)^n} \right]. \quad (1)$$

Величина упругого перемещения y аналитически выражается:

$$y = B_1 \cdot t = B_1 \cdot t_n \cdot \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{B_1}\right)^n} \right] = y_{уст} \cdot \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{B_1}\right)^n} \right], \quad (2)$$

где $y_{уст} = B_1 \cdot t$.

Характер изменения отношения t/t_n , определяемого зависимостью (1), показан в таблице. С увеличением количества проходов инструмента n отношение t/t_n непрерывно увеличивается, асимптотически приближаясь к единице. При большем значении B_1 отношение t/t_n больше.

Таблица. Расчетные значения отношения t/t_n

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t/t_n (для $B_1 = 2$)	0	0,33	0,56	0,7	0,8	0,87	0,91	0,94	0,96	0,97
t/t_n (для $B_1 = 4$)	0	0,2	0,36	0,49	0,59	0,67	0,74	0,79	0,83	0,87

Исходя из зависимости (2), по такому же закону изменяется и отношение $y/y_{уст}$, которое равно отношению t/t_n . Чтобы исключить переходной процесс шлифования с относительно низкой жесткостью технологической системы и повысить эффективность шлифования, необходимо обработку производить с начальным натягом в технологической системе, равным установившемуся значению упругого перемещения $y_{уст}$.

Таким образом, в работе разработана математическая модель определения погрешностей механической обработки с позиции баланса упругих перемещений, возникающих в технологической системе, и рабочих перемещений инструмента в процессе резания. Расчетами установлено, что величина упругого перемещения при шлифовании по жесткой схеме математически описывается биномиальным рядом. Доказано, что существует установившееся значение упругого перемещения, определяемого равенством силы резания и силы упругости, которое достигается через определенное время обработки. В этих условиях величина упругого перемещения может многократно превосходить глубину шлифования, что требует создания в технологической системе начального натяга, равного установившемуся значению упругого перемещения. Это позволит обеспечить максимально возможную производительность с учетом ограничения по точности обрабатываемой поверхности. На этой основе могут быть определены оптимальные параметры обработки при шлифовании с относительно низкой жесткостью технологической системы, обеспечивающие заданные значения величин B_1 и $y_{уст}$. Результаты теоретических исследований использованы для создания и внедрения в производство эффективных технологий финишной механической обработки высокоточных деталей машин.