

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РОТАЦИОННОГО РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ЕГО СИЛОВУЮ НАПРЯЖЕННОСТЬ

При ротационной лезвийной обработке материалов разложение суммарной силы резания на ее составляющие P_x , P_y , P_z еще не дает возможности судить о силовой напряженности, возникающей на режущей части и в подшипниковом узле инструмента.

Для исследования этого вопроса нами при растачивании заготовок из специальной стали (ГОСТ 10791–64, НВ 2480) ротационный резец устанавливался своей вершиной на уровне центров станка по прямой схеме резания второй геометрической схемы установки [1] под двумя углами β_y и φ_y соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Материал режущей части резца — твердый сплав Т15К6.

Если в одной системе координат с началом в вершине В резца оси направить по оси заготовки, по перпендикуляру к обрабатываемой поверхности и по перпендикуляру к плоскости подачи, а в другой системе координат с тем же началом оси соответственно расположить в радиальном, осевом и касательном к режущему лезвию направлениях, то можно написать матрицу перехода от одной системы координат к другой:

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

где $a_{11} = \cos \varphi_y \sin \psi_B - \sin \varphi_y \sin \beta_y \cos \psi_B$;

$$a_{12} = \sin \varphi_y \sin \psi_B + \cos \varphi_y \sin \beta_y \cos \psi_B; \quad a_{13} = \cos \beta_y \cos \psi_B;$$

$$a_{21} = -\sin \varphi_y \cos \beta_y; \quad a_{22} = \cos \varphi_y \cos \beta_y; \quad a_{23} = -\sin \beta_y;$$

$$a_{31} = \cos \varphi_y \cos \psi_B + \sin \varphi_y \sin \beta_y \sin \psi_B;$$

$$a_{32} = \sin \varphi_y \cos \psi_B - \cos \varphi_y \sin \beta_y \sin \psi_B; \quad a_{33} = \cos \beta_y \sin \psi_B.$$

С помощью матрицы A выведем уравнения радиальной P_p , осевой P_o и касательной P_k составляющих силы резания.

$$P_p = (-P_x \sin \varphi_y \sin \beta_y + P_y \cos \varphi_y \sin \beta_y + P_z \cos \beta_y) \cos \psi_B + (P_x \cos \varphi_y + P_y \sin \varphi_y) \sin \psi_B;$$

$$P_o = -P_x \sin \varphi_y \cos \beta_y + P_y \cos \varphi_y \cos \beta_y - P_z \sin \beta_y;$$

$$P_k = (-P_x \sin \varphi_y \sin \beta_y + P_y \cos \varphi_y \sin \beta_y + P_z \cos \beta_y) \sin \psi_B - (P_x \cos \varphi_y + P_y \sin \varphi_y) \cos \psi_B.$$

Составляющие силы резания P_x , P_y , P_z определяются из выражений, полученных методом ортогонального композиционного планирования эксперимента:

$$P_x = -143,32 - 0,245v + 116,732s + 117,326t + 5,223\varphi_y + 1,893\beta_y - 0,0175\varphi_y\beta_y - 0,341\beta_y t - 64,2s^2 - 0,022\varphi_y^2 - 0,058\beta_y^2 - 7,625t^2;$$

$$P_y = -47,82 - 10,38v + 161,11s + 33,89t + 1,668\varphi_y - 1,913\beta_y + 1,5vs +$$

$$\begin{aligned}
 & + 7,2v \cdot t - 0,211s \cdot \varphi_Y - 0,178s \cdot \beta_Y - 38,1s \cdot t + 0,03\varphi_Y \beta_Y + 0,74\beta_Y t + \\
 & + 0,72v^2 - 37,48s^2 + 0,033\varphi_Y^2 + 0,046\beta_Y^2 + 86,85t^2; \\
 P_Z = & -50,89 + 5,088v + 37,025s + 84,047t + 1,015\varphi_Y + 2,365\beta_Y + \\
 & + 1,608v \cdot s - 0,294v \cdot \varphi_Y + 2,94v \cdot t + 0,24s \cdot \varphi_Y + 0,497s \cdot \beta_Y + 11,719s \cdot t - \\
 & - 2,019\varphi_Y t - 1,364\beta_Y t - 24,244s^2 + 86,45t^2.
 \end{aligned}$$

В этих выражениях v измеряется в м/с, s — в мм/об, t — в мм, φ_Y и β_Y — в градусах.

Значение угла ψ_B вершины резца определяется по формуле [2]:

$$\psi_B = \arctg \frac{\operatorname{tg} \varphi_Y}{\sin \beta_Y}.$$

Исследования проводились в следующих диапазонах углов установки резца относительно обрабатываемой поверхности и режимов резания: $\varphi_Y = 16 \dots 36^\circ$, $\beta_Y = 12,5 \dots 30^\circ$, $v = 0,83 \dots 6,1$ м/с, $s = 0,18 \dots 1,18$ мм/об, $t = 0,2 \dots 0,8$ мм. Анализ экспериментальных данных показывает, что в исследуемых диапазонах соблюдается соотношение $P_p > P_o > P_k$. При увеличении углов φ_Y и β_Y осевая P_o и касательная P_k составляющие монотонно уменьшаются, а радиальная P_p — растет. Причем минимальные значения осевой P_o и касательной P_k составляющих достигаются при сочетании углов $\varphi_Y = 36^\circ$ и $\beta_Y = 30^\circ$, а минимальное значение радиальной P_p составляющей — при $\varphi_Y = 16^\circ$ и $\beta_Y = 12,5^\circ$.

Известно [3], что на повышение точности ротационной обработки увеличение радиальной жесткости резца влияет в большей степени, чем осевой. Это следует учитывать при проектировании ротационного расточного инструмента и его оснастки.

Изменение скорости резания v вызывает незначительное изменение сил, с ростом же глубины t они резко возрастают, причем зависимость $P_p = f(t)$ носит ярко выраженный экстремальный характер. Увеличение подачи s также влечет значительное повышение осевой и радиальной сил, а на касательную силу оно практически не влияет. Следует отметить, что во всех случаях радиальная сила является величиной наибольшей.

С точки зрения повышения производительности обработки необходимо применять форсированные режимы резания. Однако при увеличении подачи повышается шероховатость обработанной поверхности. Поэтому для ее снижения следует уменьшать установочный угол φ_Y .

Таким образом, повышение точности и качества обработки при форсированных ее режимах может быть достигнуто путем снижения установочных углов φ_Y и β_Y расточного ротационного инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А., Соусь А.В. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов. — Минск, 1972, с. 24.
2. Коновалов Е.Г., Гик Л.А. Резание круглыми ротационными резцами. — Минск, 1969, с. 6.
3. Ящерицын П.И., Сидоренко В.А., Макаревич Г.П. О размерной точности при ротационной обработке. — Докл. АН БССР, 1979, т. 23, № 9, с. 814.