

стружки. При дальнейшем увеличении толщины среза температура повышается менее интенсивно и падение k_a замедляется.

Таким образом, отличия в степени деформации срезаемого слоя, обусловленные направлением вращения инструмента и прерывистостью режущей кромки, незначительные, а характер зависимостей усадки стружки от элементов режима резания соответствует другим методам обработки, что позволяет рекомендовать для принудительно вращающегося инструмента с прерывистой кромкой наиболее благоприятные условия стружкообразования: $v > 0,4$ м/с; $v_r/v > 0,6$; $s > 0,3$ мм/об; $t \geq 1 \dots 1,5$ мм.

УДК 621.95.025.001

В.А. ПЛОТНИКОВ, М.Л. ЕРЕМЕНКО
канд. техн. наук (БПИ)

ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТА С ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛЬЮ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ РОТАЦИОННОГО РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Обработка ротационным резцом по сравнению с традиционным призматическим отличается повышенными силами резания. Это связано в большой степени с тем, что ротационному инструменту присущи относительно малые углы в плане и увеличенная длина контакта режущей кромки с обрабатываемой деталью.

Предложенная в работе [1] формула для определения угла контакта активной части режущей кромки резца с обрабатываемой деталью громоздка. Поэтому авторы данной работы предлагают следующее упрощенное выражение:

$$\cos \theta = 1 - \frac{t}{r \operatorname{cosec} \psi_B \cdot \sin \varphi_y}, \quad (1)$$

где r — радиус резца; ψ_B — параметр вершины резца; φ_y — угол установки резца в горизонтальной плоскости.

Однако в этом уравнении не учитывается такой важный параметр, как диаметр растачиваемого отверстия, так что задача сводится к случаю обработки плоской поверхности.

Как видно из рис. 1, вершина B резца делит дугу контакта его режущей кромки на два участка: BC , играющий роль главной режущей кромки и характеризующийся углом контакта θ , и BA , играющий роль вспомогательной режущей кромки и характеризующийся углом контакта θ_1 , который определяется с учетом подачи s из выражения:

$$\theta_1 = \arcsin \frac{s \cos \varphi_y}{2r \cos \psi_B}. \quad (2)$$

Параметр вершины резца ψ_B можно определить, зная углы установки резца в горизонтальной и вертикальной плоскостях φ_y и β_y [2]:

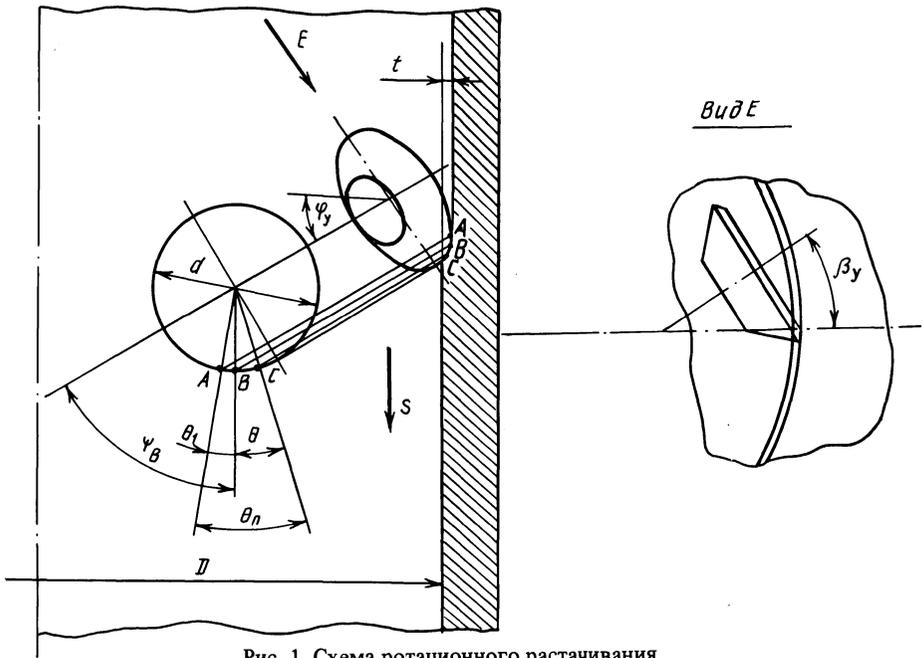


Рис. 1. Схема ротационного растачивания

$$\psi_B = \text{arctg} \frac{\text{tg } \varphi_y}{\sin \beta_y}$$

Полный угол контакта $\theta_{\text{п}}$ будет рассчитываться, как сумма углов θ и θ_1 , т. е.

$$\theta_{\text{п}} = \theta + \theta_1 \quad (3)$$

Для определения угла контакта θ рассмотрим систему координат ZOY , находящуюся в плоскости, перпендикулярной к оси обрабатываемой детали (рис. 2). Ось OZ проходит через центр детали перпендикулярно к плоскости подачи, а ось OY — в направлении поперечной подачи через вершину B резца. Заменим дугу CB эллипса проекции режущей кромки дугой окружности с радиусом ρ , равным радиусу эллипса в вершине B режущей кромки [2]:

$$\rho = \frac{r}{\sin \varphi_y} (1 - \cos^2 \psi_B \cdot \cos^2 \varphi_y)^{3/2}$$

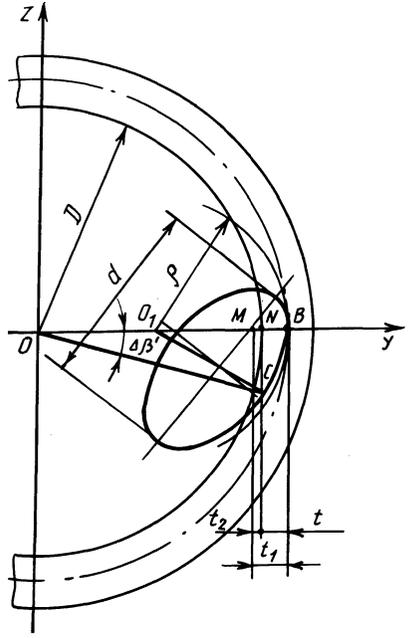


Рис. 2. К определению угла контакта активной части режущей кромки расточного резца

Центр окружности расположим на оси OY на расстоянии OO_1 от оси Z . Введем следующие обозначения: $|NB| = t$ – глубина резания, $|MB| = t_1$, $|MN| = t_2$, $|OO_1| \hat{=} |OC| = \Delta\beta'$. Тогда

$$t_1 = t + t_2 ; \quad (4)$$

$$t_2 = 0,5D[1 - \cos(\Delta\beta')] . \quad (5)$$

Из работы [3] следует, что

$$t_1 = \frac{d \sin \varphi_y}{2 \sin \psi_B} (1 - \cos \theta) . \quad (6)$$

Из косоугольного треугольника OO_1C по теореме косинусов имеем:

$$|O_1C|^2 = |OO_1|^2 + |OC|^2 - 2|OO_1| \cdot |OC| \cos(|OO_1| \hat{=} |OC|) . \quad (7)$$

Из выражений (5) и (7) следует

$$\cos(\Delta\beta') = 1 - \frac{t(2\rho - t)}{D(0,5D + t - \rho)} . \quad (8)$$

Подставив в (4) значения (5), (6) и (8) и решив полученное уравнение относительно θ , после упрощения получим в окончательном виде формулу для определения угла контакта активной части режущей кромки ротационного резца с учетом кривизны поверхности растачиваемой детали:

$$\theta = \arccos \left(1 - \frac{2t \sin \psi_B}{d \sin \varphi_y} \frac{D + t}{D - 2\rho + 2t} \right) . \quad (9)$$

Погрешность значений угла θ , полученных по формуле (9) и по геометрическому построению, не превышает 1,5 ... 2 %.

Сравнительный анализ выражений (1) и (9) доказывает необходимость учета кривизны обрабатываемой поверхности при расчетном определении угла контакта θ расточного резца с этой поверхностью. Так, например, при растачивании заготовок диаметром $D = 200$ мм ротационным резцом диаметром $d = 32$ мм с установочными углами $\varphi_y = \beta_y = 24^\circ$ для глубины резания $t = 0,5$ мм угол θ , определенный по формуле (1), равен $19^\circ 25'$, а по формуле (9) – $21^\circ 34'$. В данном случае погрешность определения угла контакта без учета кривизны составляет 10 %. Использование формулы (1) вносит погрешность тем большую, чем меньше отношение D/d . Так, при $D/d = 3,33$ ($D = 200$ мм, $d = 60$ мм) погрешность составляет уже 20 %.

Подставляя в выражение (3) значения (2) и (9), получаем формулу для определения полного угла контакта режущей кромки ротационного резца с обрабатываемой поверхностью для процесса растачивания:

$$\theta_{\Pi} = \arccos \left(1 - \frac{2t \sin \psi_B}{d \sin \varphi_y} \frac{D + t}{D - 2\rho + 2t} \right) + \arcsin \frac{s \cos \varphi_y}{d \cos \psi_B} .$$

Полную длину дуги контакта можно определить из выражения

$$l_{\Pi} = \pi d / 360 \cdot \theta_{\Pi} .$$

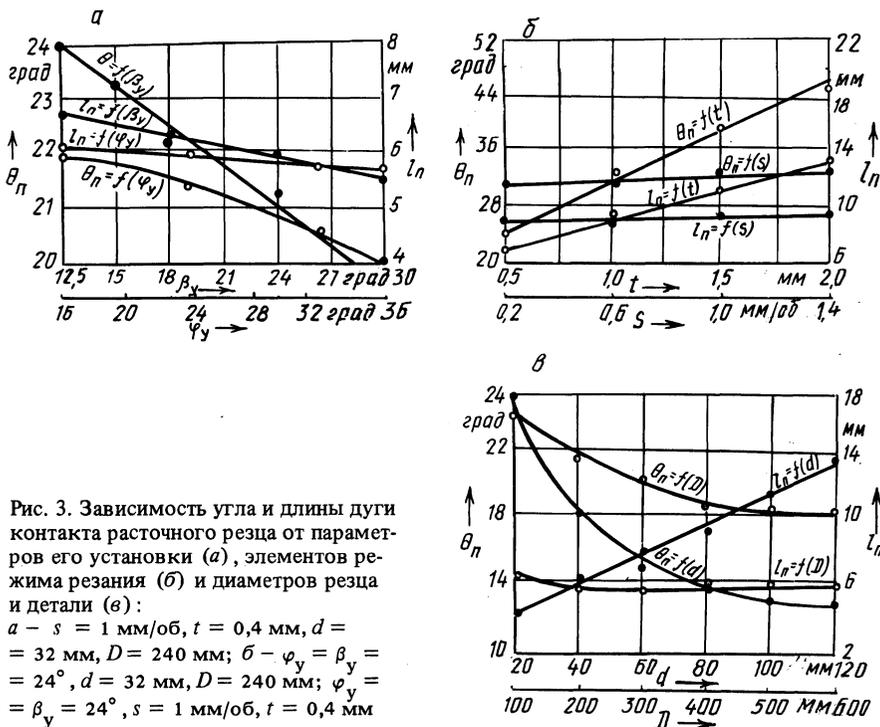


Рис. 3. Зависимость угла и длины дуги контакта расточного резца от параметров его установки (а), элементов режима резания (б) и диаметров резца и детали (в):

$a - s = 1$ мм/об, $t = 0,4$ мм, $d = 32$ мм, $D = 240$ мм; $б - \varphi_y = \beta_y = 24^\circ$, $d = 32$ мм, $D = 240$ мм; $\varphi_y = \beta_y = 24^\circ$, $s = 1$ мм/об, $t = 0,4$ мм

На рис.3 показаны зависимости угла θ_n и длины дуги контакта l_n от конструктивно-технологических параметров ротационного расточного инструмента.

С увеличением установочных углов φ_y и β_y (рис. 3, а) оба параметра θ_n и l_n уменьшаются, причем снижение l_n незначительно.

Иной характер имеет изменение угла и длины дуги контакта (рис. 3, б) при увеличении глубины резания t ($s = \text{const} = 1$ мм/об): оба параметра непрерывно возрастают, однако интенсивность возрастания параметра θ_n выше, чем l_n . С ростом подачи s ($t = \text{const} = 0,4$ мм) угол контакта θ_n и длина дуги контакта l_n увеличиваются незначительно.

Влияние диаметра режущей кромки d на θ_n и l_n (рис. 3, в) противоположно: угол контакта θ_n уменьшается с ростом d , тогда как длина дуги контакта l_n возрастает. Что касается диаметра растачиваемой поверхности D , с его увеличением угол θ_n уменьшается, тогда как l_n почти не изменяется.

Таким образом, с целью уменьшения длины дуги контакта следует увеличивать установочные углы и снижать диаметр режущей кромки резца и элементы режима резания — подачу и глубину.

ЛИТЕРАТУРА

- Найденшев Е.М. Анализ кинематики ротационного растачивания. — В кн.: Весті АН БССР. Сер. фіз.-техн. наук, 1973, № 2, с. 43–49.
- Коновалов Е. Г., Г и к Л.А. Резание круглыми ротационными резцами. — Мн.: Наука и техника, 1969. — 34 с.
- Коновалов Е.Г., Тараканов И.Л. Точение с автообкаткой инструмента. — Докл. АН БССР, 1966, № 11, с. 25–31.