

при этом соответствует цене деления индикатора. После этого индикатор снимается, в резцедержателе закрепляют резец или резцовую вставку и производится заточка. Подача резца осуществляется микровинтом 1. Смещение центра вращения относительно продольной оси резца осуществляется микровинтом 3.

Приспособление для заточки радиуса при вершине можно изготовить на базе трехповоротных тисков универсально-заточного станка. В этом случае тиски снимаются и вместо них в игольчатом подшипнике 4 (рис. 3) устанавливается корпус 1, аналогичный корпусу 8 (рис. 2). Корпус закрепляется в стационарной части приспособления болтом 2 через упорный подшипник 3. Установка на величину заднего угла осуществляется в стационарной части приспособления.

УДК 621.91.01

В.И. Ходырев, В.А. Молочков

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ВИНТОВЫМ РОТАЦИОННЫМ РЕЗЦОМ

Особенностью обработки винтовым ротационным резцом является циклическая прерывистость резания, вызванная осевым перемещением активных участков режущей кромки (рабочих витков) при ее вращении. Это явление гарантирует кинематическое дробление стружки в любых условиях обработки, но вместе с тем значительно усложняет механику резания [1,2].

Условия резания рабочим витком винтового резца существенно изменяются за время его перемещения в зоне контакта с обрабатываемой деталью (цикл резания), что обусловлено величинами углов ориентации и схода стружки, кинематических углов режущего лезвия, кинематического коэффициента, формой и размерами поперечного сечения срезаемого слоя и т.д. Все эти факторы в совокупности определяют изменение силы резания отдельным рабочим витком в течение цикла резания.

Суммарная сила резания, действующая на винтовой резец, зависит от числа одновременно работающих витков, которое в общем случае изменяется за оборот резца n до $(n + 1)$, что вызывает значительные колебания силы резания за оборот резца.

Рассмотрим систему сил, действующих на рабочий виток резца в произвольный момент резания (рис. 1). При установке резца с отрицательным углом наклона режущей кромки рабо-

чие витки винтового резца располагаются выше линии центров станка и перемещаются от обрабатываемой поверхности к обработанной при правом направлении винтовой кромки или от обработанной поверхности к обрабатываемой – при левом. В данном случае известную для чашечного резца схему сил [3] применять нельзя, так как она содержит ряд допущений, неприемлемых при значительном смещении рабочего витка от осевой плоскости детали.

Сила P , действующая на передней поверхности витка, является суммой нормальных сил и сил трения и разлагается на составляющие P_z, P_y, P_x . Сила P_z (рис. 1,а) направлена по касательной к траектории главного движения, сила P_y перпендикулярна оси детали и силе P_z , сила P_x перпендикулярна силам P_z и P_y , т.е. направлена вдоль оси детали. Таким образом, силы P_z и P_y в каждый момент времени в течение цикла резания изменяют свое направление относительно режущей части инструмента. Поэтому заменим систему координат xz системой x_1z_1 , где ось z_1 перпендикулярна направлениям продольной и поперечной подач, а ось y_1 лежит в плоскости подач и перпендикулярна оси детали. Проекция сил P_z и P_y на оси z_1 и y_1 :

$$P_{z_1} = P_z \cos \varphi, \quad P_{y_1} = P_y \cos \varphi,$$

$$(P_y)_{z_1} = P_y \sin \varphi, \quad (P_z)_{y_1} = P_z \sin \varphi.$$

Обозначим

$$P_{z_1} - (P_y)_{z_1} = P_z \cos \varphi - P_y \sin \varphi = P'_z, \quad (1)$$

$$P_{y_1} \pm (P_z)_{y_1} = P_y \cos \varphi \pm P_z \sin \varphi = P'_y. \quad (2)$$

Знак "плюс" в выражении (2) соответствует обработке наружных поверхностей вращения, знак "минус" – обработке внутренних поверхностей.

Угол между равнодействующей R_{xz} и силой P'_z

$$\operatorname{tg} \nu = \frac{P_x}{P_z \cos \varphi - P_y \sin \varphi}.$$

Составляющие силы трения и нормальной силы

$$\left. \begin{aligned} F_{xz_1} &= \frac{P_x}{\sin \nu} \sin (\varepsilon - \xi - \nu), \\ N_{xz_1} &= \frac{P_x}{\sin \nu} \cos (\varepsilon - \xi - \nu), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

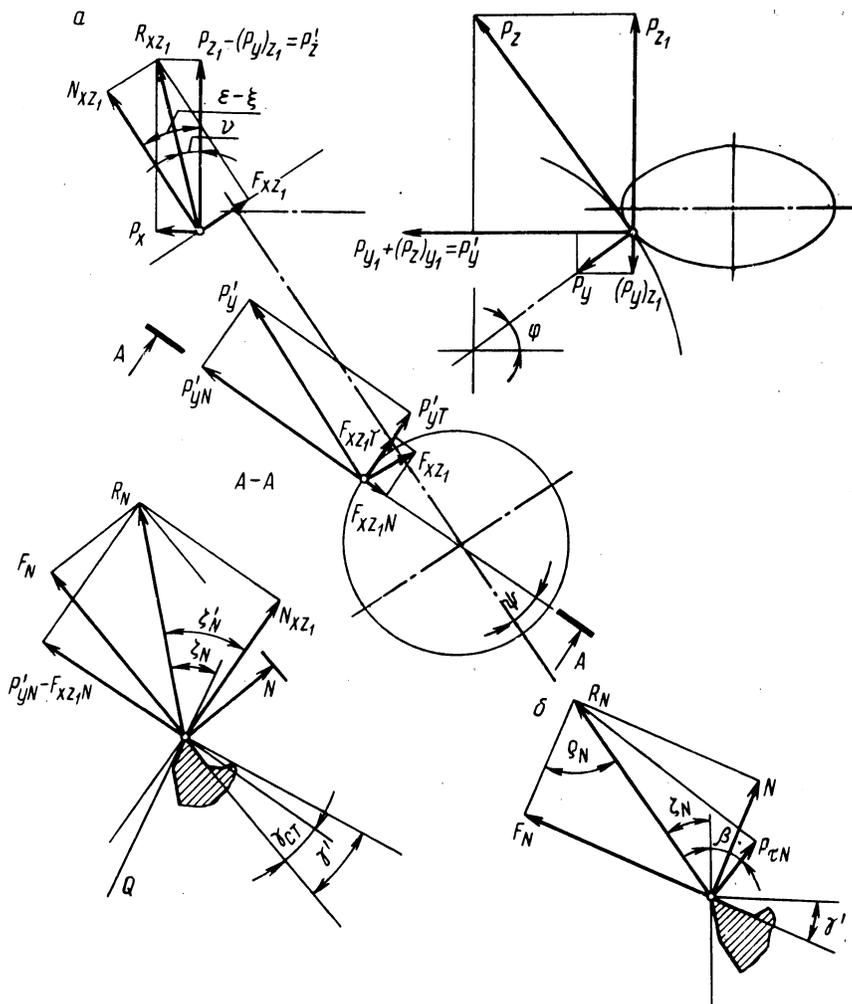


Рис. 1. Схема сил, действующих на рабочий виток винтового резца.

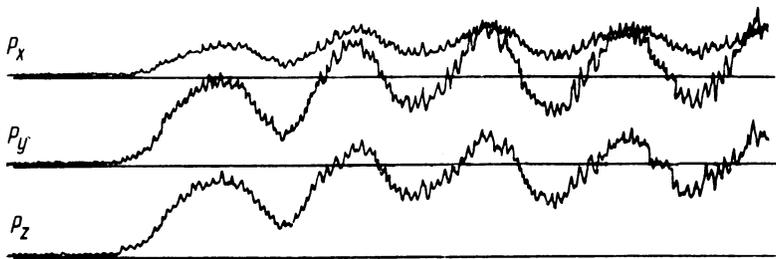


Рис. 2. Осциллограммы составляющих силы резания.

где ϵ - угол наклона оси резца; ξ - угол подъема винтовой кромки.

Вспомогательный угол ξ (рис. 1, А-А)

$$\operatorname{tg} \xi'_N = \frac{(P_y \cos \varphi + P_z \sin \varphi) \cos \psi \sin \nu - P_x \cos(\epsilon - \xi - \nu)}{-P_x \sin(\epsilon - \xi - \nu) \sin \psi} \times$$

Нормальная сила

$$N = \frac{P_x}{\sin \nu \cos \xi'_N} \cos(\epsilon - \xi - \nu) \cos(\gamma + \xi'_N). \quad (4)$$

Нормальная составляющая силы трения

$$F_N = \frac{P_x}{\sin \nu \cos \xi'_N} \cos(\epsilon - \xi - \nu) \sin(\gamma + \xi'_N). \quad (5)$$

Касательная составляющая силы трения

$$F_T = (P_y \cos \varphi - P_z \sin \varphi) \sin \psi \frac{P_x \sin(\epsilon - \xi - \nu) \cos \psi}{\sin \nu}. \quad (6)$$

Угол действия в соответствии с [3] рассматриваем как угол между силой действия R и проекцией ее на плоскость со следом Q , касательным к поверхности резания. Проекция угла действия на плоскость, перпендикулярную к режущей кромке, $\xi_N = \xi'_N - (\gamma' - \gamma)$. Если принять $\gamma' = \gamma + \varphi$, тогда

$$\xi_N = \xi'_N - \varphi. \quad (7)$$

Проекция угла трения на плоскость, перпендикулярную к режущей кромке, $\rho_N = \xi_N + \gamma_1$. Нормальная составляющая силы сдвига к режущей кромке

$$P_{\xi N} = \frac{F_N}{\sin \rho_N} \cos(\xi_N + \beta), \quad (8)$$

где β - угол сдвига.

Таким образом, измеряемые динамометром составляющие силы резания, действующие на винтовой резец:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma P_z &= P'_{z1} + P'_{z2} + \dots + P'_{zn}, \\ \Sigma P_y &= P'_{y1} + P'_{y2} + \dots + P'_{yn}, \\ \Sigma P_x &= P'_{x1} + P'_{x2} + \dots + P'_{xn}, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где n - число рабочих витков. Составляющие силы резания, действующие на каждый рабочий виток,

$$\left. \begin{aligned} P_z &= P'_z \cos \varphi + P'_y \sin \varphi, \\ P_y &= P'_y \cos \varphi \pm P'_z \sin \varphi. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Таким образом, выражения (1), (2), (4), (9), (10) показывают, что составляющие силы резания существеннейшим образом зависят от положения рабочего витка в направлении оси Oz_1 .

Наибольшее влияние на $\Sigma P_z, \Sigma P_y, \Sigma P_x$ оказывает изменение числа рабочих витков, вызывающее соответствующие изменения суммарной площади среза и суммарной активной длины режущих кромок. Поэтому режим устойчивого резания винтовым резцом можно создать, выполнив условие $l_p / h = n$, где l_p - рабочая длина резца [1]; h - шаг винтовой режущей кромки; $h = 1, 2, 3, \dots = \text{const}$ - число рабочих витков. При этом колебания силы резания ΔP будут иметь минимальные значения и определяться изменениями условий резания в течение его цикла, а также известными для традиционного резания причинами.

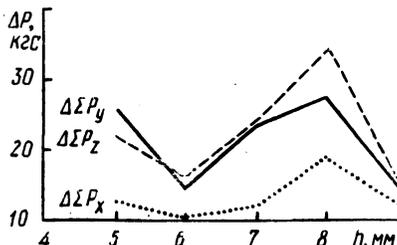
В общем случае колебания составляющих силы резания винтовой вращающейся кромкой имеют основную волну с большой амплитудой и низкой частотой, с которой складываются высокочастотные колебания с малой амплитудой (рис. 2). Низкочастотные колебания определяются изменением суммарной активной длины режущих кромок за оборот резца (один оборот резца выражается тремя отрезками верхней прерывистой линии). На эти колебания может оказать влияние радиальное биение режущей части, когда оно становится значительным. Высокочастотные колебания являются характерными для резания вообще. Колебания, связанные с изменением условий резания в течение цикла, имеют в общем случае частоту меньшую, чем колебания за оборот резца, и на данных осциллограммах визуально не просматриваются.

Экспериментальные исследования колебаний составляющих силы резания проводились при точении стали 40X на токарно-винторезном станке модели 16K20. Параметры винтового резца следующие: диаметр $D = 38$ мм, шаг винтовой кромки $h = 5 \dots 9$ мм, число заходов $i = 1$, угол наклона оси резца $\epsilon = 10 \dots 45^\circ$, передний угол $\gamma = 5^\circ$, задний угол $\alpha = 10^\circ$. Составляющие силы резания $\Sigma P_z, \Sigma P_y, \Sigma P_x$ измерялись дина-

мометром УДМ-600. Запись на пленку производилась с помощью осциллографа Н115.

Наибольшее влияние на рабочую длину резца и число рабочих витков оказывают угол наклона оси резца ϵ , шаг винтовой кромки h и глубина резания t .

Рис. 3. Зависимость колебания составляющих силы резания от шага винтовой кромки ($\epsilon = 15^\circ$, $i = 1$, $\gamma = 65^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $h = 5$ мм, $s = 0,21$ мм/об, $v = 127$ м/мин).



На рис. 3 показана зависимость ΔP от шага винтовой кромки. Совершенно очевидно, что колебания составляющих силы резания имеют минимальную величину при оптимальных значениях шага ($h_1 = 6$ мм, $h_2 = 9$ мм), соответствующих при данных условиях обработки минимальным колебаниям активной доли режущих кромок. Аналогичный характер имеют зависимости $\Delta P = f(\epsilon)$ и $\Delta P = f(t)$.

Л и т е р а т у р а

1. Ходырев В.И., Пачев Л.М. Исследование процесса обработки валов ротационными резцами с винтовой режущей кромкой. - Авиационная промышленность, 1975, №1. 2. Подураев В.Н., Ходырев В.И., Урицкий А.М. Механика процесса резания винтовыми ротационными резцами. - Изв. ВУЗов. Машиностроение, 1976, №4. 3. Бобров В.Ф., Иерусалимский Д.Е. Резание металлов самовращающимися резцами. М., 1972.

УДК 621.91.01

Ю.А.Новоселов

ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ

Степенная эмпирическая формула [1] для расчета главной составляющей силы резания

$$P_z = C_{P_z} t^{X_{P_z}} s^{Y_P} z^{Z_{P_z}} v^{K_{P_z}} \quad (1)$$