

ваний полученных экспериментальных значений стойкости выведено следующее уравнение регрессии:

$$\sqrt[3]{T} = 10^{-3} (16408 - 1549v - 5213s + 19\varphi_y - 216\beta_y - 13456t - 250vs - 3v\beta_y - 473vt - 8s\varphi_y - 11s\beta_y - 203st + 7\varphi_y t + 4\beta_y t + 186v^2 + 3428s^2 + 5\beta_y^2 + 11550t^2).$$

С ростом элементов режима резания стойкость инструмента уменьшается (рис. 1). При увеличении скорости резания каждая точка режущей кромки за один и тот же промежуток времени все большее число раз вступает в контакт с обрабатываемой деталью. В результате интенсивность истирания контактных поверхностей инструмента значительно повышается.

Увеличение (подачи (см. рис. 1) и глубины резания вызывает снижение стойкости инструмента в связи с увеличением геометрических размеров номинального сечения среза. Темп снижения стойкости больше зависит от глубины резания, чем от подачи. Это связано с тем, что в первом случае интенсивность возрастания дуги контакта режущей кромки, а с ней и площади контакта с растачиваемой поверхностью выше, чем во втором.

Анализ графиков, приведенных на рис. 2, показывает, что в исследуемых диапазонах углов установки инструмента с увеличением угла φ_y стойкость инструмента несколько повышается, угла β_y — снижается. Повышение стойкости в этом случае объясняется некоторым уменьшением длины дуги контакта режущей кромки и возрастанием коэффициента автообкатывания. С увеличением угла β_y длина дуги контакта несколько уменьшается, однако на стойкость в данном случае больше влияет коэффициент автообкатывания, который снижается из-за повышающегося проскальзывания режущей чашки.

Таким образом, с целью обеспечения высокой стойкости и производительности ротационного инструмента чистовое растачивание следует вести со скоростями резания $v = 5 \dots 6$ м/с, подачами $s = 0,4 \dots 0,5$ мм/об и глубинами резания $t = 0,2 \dots 0,3$ мм при углах установки $\varphi_y = 24 \dots 30^\circ$ и $\beta_y = 12,5 \dots 25^\circ$.

УДК 621.91.02

В.А.ДАНИЛОВ, канд.техн.наук
(НПИ)

НОВЫЕ СХЕМЫ УСТАНОВКИ РОТАЦИОННОГО РЕЗЦА НА УНИВЕРСАЛЬНОМ ТОКАРНОМ СТАНКЕ

Ротационное точение отличается от обычного соотношением радиальной и касательной составляющих силы резания и, следовательно, направлением равнодействующей этих составляющих, определяющей в основном упругие деформации системы СПИД. Учитывая, что жесткость системы СПИД в различных направлениях неодинакова, для уменьшения динамической погрешности необходимо установить резец в положение, при котором достигается действие силы резания по направлению максимальной жесткости системы СПИД.

При использовании известных схем установки ротационного резца это условие не выполняется. Наихудшей с этой точки зрения является наиболее распространенная схема установки, когда вершина режущей кромки расположена на уровне центров станка. При характерном для ротационного точения отношении радиальной и касательной составляющих силы резания, равном примерно 1,5, их равнодействующая отклонена от вертикали на угол, превышающий 55° . Вследствие этого при черновом точении имеют место значительные отжатия суппорта в поперечном направлении, которые при неравномерной толщине срезаемого слоя переменны и обуславливают некруглость обработанной поверхности. В случае точения с равномерным и небольшим по толщине срезаемым слоем указанный недостаток при установке вершины резца на уровне центров станка проявляется в меньшей степени, поэтому такая схема установки находит применение для чистовой обработки.

Отжатие продольного суппорта, установленного на призматические направляющие, минимально, если действующая на него сила направлена по нормали к грани направляющей, а поперечного суппорта, если нагрузка действует вертикально вниз. В связи с этим направление оптимальной жесткости системы СПИД находится между указанными направлениями силы резания.

Когда при ротационном точении вершина режущей кромки резца расположена ниже оси центров станка, равнодействующая радиальной и касательной составляющих силы резания может быть направлена по оси оптимальной жесткости системы СПИД (рис. 1). Резец 1 устанавливается с возможностью вращения вокруг оси 2 в резцедержателе 3 на поперечном суппорте 4 токарного станка с призматической формой направляющей 6 продольного суппорта 5.

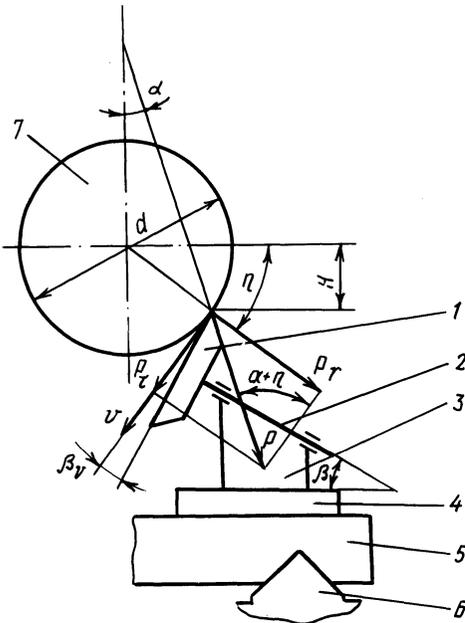


Рис. 1. Схема установки ротационного резца на универсальном токарном станке

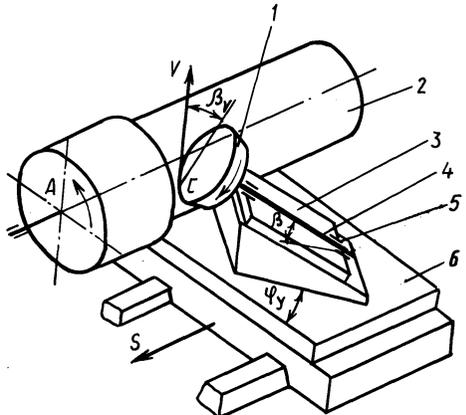


Рис. 2. Схема ротационного точения при обратном вращении заготовки

Вершина режущей кромки смещается на расстояние H вниз относительно линии центров станка, совпадающей с геометрической осью заготовки 7. При этом плоскость вращения резца располагается под непрямым углом к вектору главного движения \vec{v} и к линии центров станка.

На резец в процессе обработки действует радиальная составляющая силы резания P_r , направленная под углом $\eta = \arcsin(2H/d)$ к горизонтальной плоскости, и касательная P_τ составляющая – по направлению вектора \vec{v} . Их равнодействующая P действует по оси оптимальной жесткости, составляющей с вертикалью угол α , значение которого находят экспериментально при испытании на жесткость, как характеристику станка. Смещение H резца определяется расчетным путем. Из рис. 1 следует, что

$$P_r/P_\tau = \operatorname{tg}(\alpha + \eta). \quad (1)$$

По известной формуле сложения

$$\operatorname{tg}(\alpha + \eta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \eta}{1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \eta}. \quad (2)$$

Следовательно,

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{k - \operatorname{tg} \alpha}{1 + k \operatorname{tg} \alpha}, \quad (3)$$

где $k = P_r/P_\tau$.

Учитывая, что $H = d/2 \cdot \sin \eta$, получим искомую зависимость

$$H = \frac{d}{2} \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{k - \operatorname{tg} \alpha}{1 + k \operatorname{tg} \alpha} \right). \quad (4)$$

Таким образом, отличие описанной схемы от известной установки резца ниже оси центров станка состоит в том, что смещение вершины резца задается исходя из направления максимальной жесткости СПИД и отношения составляющих силы резания и обеспечивает приближение направления силы резания к направлению максимальной жесткости. В известной же схеме установки смещение H определяется по условию обеспечения заданного значения угла β_v между вектором скорости \vec{v} и плоскостью вращения резца при горизонтальном расположении оси вращения резца. С достаточной точностью при $\alpha = 15..45^\circ$ зависимость (4) может быть заменена приближенной, удобной для практических расчетов формулой:

$$H = (0,46 - 0,008 \alpha) d. \quad (5)$$

Угол наклона оси 2 вращения резца к поверхности суппорта устанавливается исходя из условия

$$\beta = \operatorname{arctg} [\operatorname{tg}(\eta - \beta_v) \cos \varphi_y]. \quad (6)$$

Требуемый угол φ_y между плоскостью вращения резца и осью центров станка достигается поворотом резцедержателя вокруг вертикальной оси. Значения углов β_v и φ_y задаются такими же, как и при известной схеме. Передний и задний инструментальные углы резца, установленного по описанной схеме, назначаются соответственно больше и меньше на угол η по сравнению с такими же углами резца, вершина которого находится на уровне центров станка.

Преимуществом установки реза ниже центра станка является также повышение устойчивости подачи суппорта при точении по обратной схеме резания, особенностью динамики которой является то, что составляющая P_x силы резания действует часто по направлению подачи, вследствие чего возможно затягивание реза и перемещение его по спирали относительно заготовки с шагом, многократно превышающим значение подачи. При этом процесс резания становится неуправляемым, создается опасность поломки инструмента, столкновения суппорта с вращающимся патроном и повреждения узлов станка.

Отрицательное влияние действия на суппорт силы P_x по направлению подачи может быть в определенной степени компенсировано увеличением силы трения между направляющими станины и суппорта, так как она противоположна подаче. Установка реза по схеме, приведенной на рис. 1, обеспечивает увеличение в процессе резания силы трения благодаря тому, что угол между равнодействующей сил P_r и P_t и нормалью к плоскости направляющих уменьшается. В этом случае повышается надежность работы станка.

На рис. 2 показана схема ротационного точения на универсальных токарных станках. Резание осуществляется при обратном (по часовой стрелке, если смотреть со стороны задней бабки) вращении шпинделя с заготовкой 2. Ротационный резец 1 установлен в резцедержателе 3 по второй схеме резания, т. е. передняя является боковая поверхность конической режущей чашки. Ось 4 вращения реза наклонена под углом β к установочной поверхности резцедержателя 5, который повернут на угол φ , относительно поперечного суппорта 6. При этом ось 4 наклонена от заготовки вниз к суппорту. Вершина С находится на уровне центров станка, а центр симметрии режущей кромки — выше этого уровня. При такой установке контакт реза с заготовкой осуществляется участком режущей кромки, который расположен между осью вращения реза и суппорта, поэтому резание возможно лишь при обратном вращении заготовки в направлении А.

При описанной схеме установки улучшается отвод стружки и снижается вероятность наматывания ее на вращающийся резец. Кроме того, как установлено экспериментально, при обратном вращении заготовки повышается виброустойчивость процесса резания, что связано с изменением направления касательной составляющей силы резания и демпфирующей способности системы СПИД.

Таким образом, обоснованный выбор схемы установки инструмента позволяет повысить эффективность ротационного резания на универсальных токарных станках.