

УДК 621

С.Д. Сметанин, к.т.н., доц.

М.Н. Гатитулин, инж.

Д.А. Савельев, студ.

*ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г.  
Челябинск, Россия*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОТАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ

*Для режущего инструмента одной из важнейших характеристик является стойкость, которая в наибольшей степени определяется скоростью движения точек лезвия. На примере обработки наружной цилиндрической поверхности заготовки на токарном станке различными лезвийными инструментами (традиционными и ротационными резаками и фрезами) сравнивались результирующие скорости резания. Проанализировано влияние на скорость резания угла установки режущей пластины и ее принудительного вращения.*

**Введение.** Все существующие инструменты могут классифицироваться по множеству признаков, таких как кинематические, конструктивные, установочные и др. Именно кинематические особенности позволили выделить такой вид инструментов как ротационные. Режущая часть ротационного инструмента изготавливается в виде тела вращения и придания ей в процессе резания непрерывного вращения в подшипниках корпуса вокруг своей геометрической оси от отдельного привода или от взаимодействия с обрабатываемым материалом [2]. Режущую часть ротационного инструмента некоторые авторы называют режущей чашкой [2, 3], самовращающимся зубом [4], режущей пластиной [4]. Многообразию признаков ротационного резания с разделением их на кинематические, конструктивные и установочные достаточно полно отражено в работе [5]. Одной из важнейших характеристик эффективности процесса резания является кинематика, что необходимо для определения свойственных процессам закономерностей и их учета для рационального конструирования инструмента. Кинематика изучает движение материальных тел в пространстве с геометрической точки зрения, вне связи с силами, определяющими это движение [1]. Характеристиками кинематики резания являются перемещение, скорость и ускорение точек режущего лезвия. Для режущего инструмента одной из важнейших характеристик является стойкость, которая в наибольшей степени определяется скоростью движения точек лезвия.

**Основная часть.** Сравним скорости ротационного и традиционного резания на примере обработки наружной цилиндрической поверхности заготовки на токарном станке различными лезвийными инструментами: традиционными и ротационными резцами и фрезами. Примем, что все инструменты оснащены круглыми режущими пластинами, установленными под углом  $\lambda$  к оси вращения заготовки (рис. 1, 2). На рис. 2 корпуса фрез условно не показаны. На традиционных резце и фрезе режущие пластины жестко закреплены, а на ротационных установлены в подшипниковых узлах с возможностью самовращения вокруг оси пластины под действием сил резания. Движение подачи сообщается инструментам. Точка  $A$  режущей кромки всех инструментов участвует в сложном движении [1]. Для определения абсолютного движения точки в неподвижной системе координат для каждого инструмента необходимо определить относительное движение этой точки в подвижной системе координат и переносное движение подвижной системы координат по отношению к неподвижной. Неподвижную систему координат свяжем со станиной станка, а подвижную с инструментом.

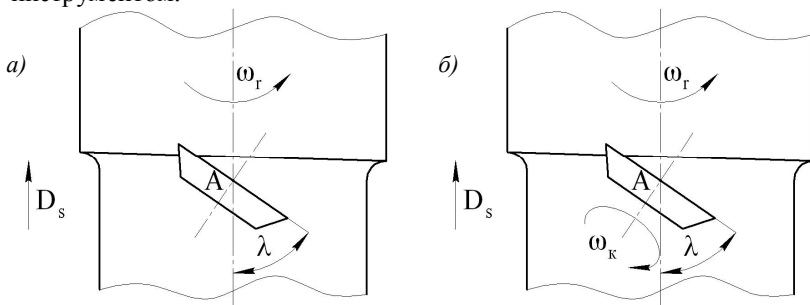


Рис. 1. Резание заготовки традиционным (а) и ротационным (б) резцами

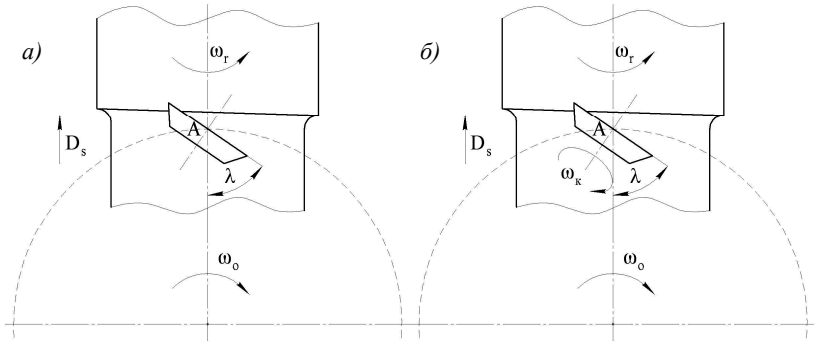


Рис. 2. Резание заготовки торцовой (а) и ротационной (б) фрезями

Тогда абсолютная скорость  $V_e$  точки А режущей кромки для традиционного резца равна векторной сумме относительной скорости  $V_r$ , возникающей от вращения заготовки со скоростью  $\omega_r$  и переносной скорости  $V_S$ , возникающей от движения подачи  $D_S$  (рис. 1, а; 3, а):

$$\vec{V}_e = \vec{V}_r + \vec{V}_S. \tag{1}$$

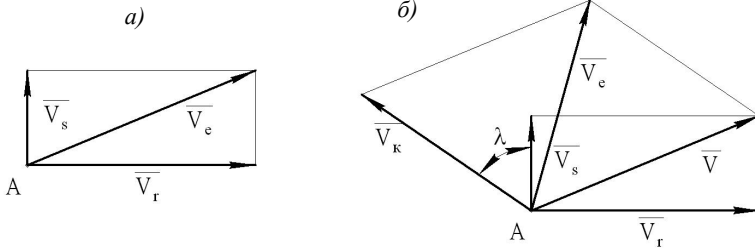


Рис. 3. Скорости точки режущей кромки при резании резцами

При резании ротационным резцом под действием сил резания дополнительно возникает относительная скорость  $V_K$  от самовращения круглой режущей пластины вокруг своей оси (рис. 1, б; 3, б):

$$\vec{V}_e = \vec{V}_r + \vec{V}_S + \vec{V}_K. \tag{2}$$

Традиционное резание торцовой фрезой характеризуется скоростями  $V_r$ ,  $V_S$  и еще одной относительной скоростью  $V_O$  режущей кромки по касательной к траектории вращения корпуса фрезы (рис. 2, а; 4, а):

$$\vec{V}_e = \vec{V}_r + \vec{V}_S + \vec{V}_O. \quad (3)$$

Наиболее сложным является резание ротационной фрезой (рис. 2, б; 4, б):

$$\vec{V}_e = \vec{V}_r + \vec{V}_S + \vec{V}_K + \vec{V}_O. \quad (4)$$

В соответствии с рис. 3 скалярные величины абсолютных скоростей для традиционного и ротационного резцов равны соответственно:

$$V_e = \sqrt{V_r^2 + V_S^2};$$

$$V_e = \sqrt{V_r^2 + V_S^2 + V_K^2 + 2\sqrt{V_r^2 + V_S^2} \cdot V_K \cdot \cos(90 + \lambda - \arctg(V_S/V_r))}.$$

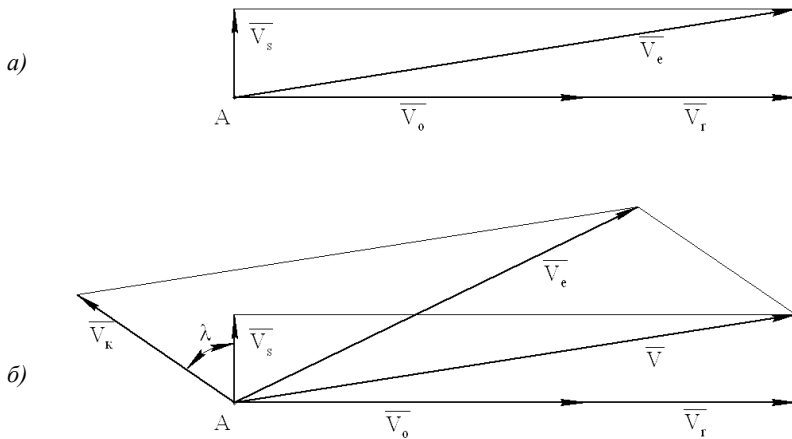


Рис. 4. Скорости точки режущей кромки при резании фрезой

Аналогично, по рис. 4 абсолютные скорости для торцовой и ротационной фрез составляют соответственно:

$$V_e = \sqrt{(V_r + V_O)^2 + V_S^2};$$

$$V_e = \sqrt{(V_r + V_O)^2 + V_S^2 + V_K^2 + 2\sqrt{(V_r + V_O)^2 + V_S^2} \cdot V_K \cdot \cos(90 + \lambda - \arctg(V_S/V_r))}.$$

Проаналізуємо величини результуючої швидкості різання. Примем швидкість  $V_r$  за одиницю, швидкість  $V_s$  при різанні обычно складає 0,001 від швидкості головного руху різання. Для визначеності швидкість  $V_o$  примем рівною 1,5. Скалярна величина швидкості  $V_K = k(V_r + V_o)$ , де кінематический коефіцієнт інструмента [2], який примем постійним і рівним 0,7. Угол  $\lambda$  може змінюватися в широких межах, для аналізу його впливу на результуючу швидкість різання  $\lambda$  примем рівним 15, 30, 45, 60 і 75°. Нижній межа пов'язана з стійкістю самовертання різця, а верхній – з відсутністю явища неповного відділення стружки від основного матеріалу [2]. Отримані дані свідом в таблицю 1.

Таблиця 1

Результуючі швидкості різання  $V_e$  різними інструментами

	$V_e$				
$\lambda$	15°	30°	45°	60°	75°
резец	1				
ротац. резец	1,068	0,896	0,714	0,534	0,376
торц. фреза	2,5				
ротац. фреза	2,661	2,229	1,775	1,324	0,933

Як видно з таблиці, для традиційних інструментів величина результуючої швидкості не залежить від кута установки пластини. Для ротаційного інструмента ж величина кута  $\lambda$  оказує суттєвий вплив на величину результуючої швидкості різання: з збільшенням  $\lambda$  швидкість зменшується. При  $\lambda < 30^\circ$  результуюча швидкість ротаційного інструмента більше швидкості традиційного. При зростанні  $\lambda > 45^\circ$  швидкість ротаційного інструмента починає значно зменшуватися. При  $\lambda = 75^\circ$  результуюча швидкість ротаційного інструмента майже в 4 рази менше швидкості традиційного.

Помимо самовертання круглих режущих лезвий в підшипникових вузлах ротаційного інструмента можливо повідомлення їм примусового вертання, яке можна здійснювати як в напрямку самовертання, так і в протилежну сторону. При повідомленні примусового

вращения в направлении самовращения диаграмма скоростей (рис. 3, б; 4, б) принципиально не изменится. Противоположное направление принудительного вращения (рис. 5) изменит результирующую скорость резания:

$$V_e = \sqrt{(V_r + V_o)^2 + V_s^2 + V_k^2 + 2\sqrt{(V_r + V_o)^2 + V_s^2} \cdot V_k \cdot \cos(90 - \lambda + \arctg(V_s/V_r))}.$$

Это приведет к увеличению результирующей скорости резания ротационного инструмента (таблица 2).

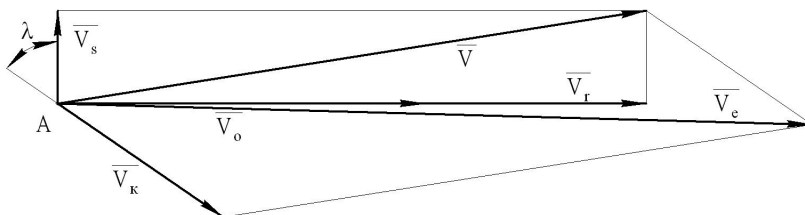


Рис. 5. Скорости точки режущей кромки при резании ротационной фрезой с принудительным вращением

Таблица 2

Результирующие скорости резания  $V_e$  ротационной фрезой с принудительным вращением

$\lambda$	15°	30°	45°	60°	75°
$V_e$	3,398	3,696	3,934	4,108	4,214

Уменьшение результирующей скорости является одной из причин повышения стойкости ротационного инструмента, что подтверждается исследованиями [2, 3, 5].

Можно отметить, что в соответствии с ГОСТом на термины и определения общих понятий по обработке резанием [6] ротационным режущим инструментом называется сборный лезвийный инструмент, круглое лезвие которого совершает при обработке вращательное касательное движение резания. Однако, по мнению авторов, у всех рассмотренных инструментов при вращении возникает касательное движение резания. Поэтому по данному определению все они относятся к ротационному инструменту, что не соответствует действительности. На основе различий кинематики ротационного и традиционного инструмента целесообразно ротационным режущим инструментом называть сборный лезвийный инструмент, круглое

лезвие которого совершает при обработке относительное вращательное движение резания.

**Выводы.** Анализ кинематики ротационного резания показал, что стойкость ротационного инструмента значительно выше традиционного, причиной чего является существенное уменьшение результирующей скорости резания. Принудительное вращение круглых режущих пластин ротационного инструмента необходимо осуществлять исключительно в направлении самовращения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонський, В.М. Никифорова. – М. : Высш. шк., 1966. – 439 с.
2. Коновалов Е.Г. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов / Е.Г. Коновалов, В.А. Сидоренко, А.В. Соусь. – Минск : Наука и техника, 1972. – 272 с.
3. Бобров В.Ф. Резание металлов самовращающимися резцами / В.Ф. Бобров, Д.Е. Иерусалимский. – М. : Машиностроение, 1972. – 112 с.
4. Землянский В.А. Обработка высокопрочных материалов инструментами с самовращающимися резцами / В.А. Землянский, Б.Ф. Лупкин. – К. : Техника, 1980. – 127 с.
5. Новоселов Ю.А. Классификация видов ротационного резания / Ю.А. Новоселов, Н.Н. Попок. – Минск : Высш. шк., 1983. – 219 с.
6. ГОСТ 25751–83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.
- 7.

СМЕТАНИН Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры “Станки и инструмент” ГОУ ВПО “Южно-Уральский государственный университет”, г. Челябинск, Россия.

Научные интересы:  
– ротационное резание.

ГАТИТУЛИН Мавлет Нигаматович – соискатель степени кандидата технических наук, инженер кафедры “Станки и инструмент” ГОУ ВПО “Южно-Уральский государственный университет”, г. Челябинск, Россия.

Научные интересы:

– кинематика.

САВЕЛЬЕВ Данил Алексеевич – студент-магистр кафедры “Станки и инструмент” ГОУ ВПО “Южно-Уральский государственный университет”, г. Челябинск, Россия.

Научные интересы:

– ротационный инструмент.

Подано 08.10.2009