

Гатитулин Мавлет Нигаматович, Сметанин Сергей Дмитриевич

Трибологические особенности процессов ротационного резания

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/5.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2009. № 12 (31): в 2-х ч. Ч. I. С. 18-21. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ РОТАЦИОННОГО РЕЗАНИЯ

*Гатитулин Мавлет Нигаматович, Сметанин Сергей Дмитриевич
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

Резание с физической точки зрения - это процесс трения поверхностей инструмента и заготовки, сопровождающийся образованием стружки, выделением теплоты и износом самого инструмента. В зоне стружкообразования протекают различные процессы: деформационные, трибологические, тепловые и др., являющиеся взаимосвязанными и самоустанавливающимися в зависимости от условий удаления припуска. Теплота и температура резания, являясь результатом деформации и трения при удалении припуска, в свою очередь воздействуют на силовые, деформационные и трибологические процессы механообработки, обусловленную термическими деформациями изделия, инструмента, технологической оснастки [1].

Рассмотрим взаимосвязь между скоростью, стойкостью и производительностью резания. При традиционном резании инструментом с клиновидным призматическим режущим элементом, жестко закрепленным в державке, между сопрягаемыми поверхностями заготовки и режущего элемента возникают процессы трения скольжения. Скорость трения скольжения и скорость главного рабочего движения или скорость резания практически совпадают между собой по величине и направлению.

Повышение производительности обработки путем интенсификации режимов резания, в том числе скорости резания, снижает стойкость традиционных инструментов, так как скорость резания и стойкость режущих элементов являются антагонистами.

Для выявления кинематических особенностей ротационного резания рассмотрим работу ротационной фрезы с принудительным вращением круглых режущих элементов. Фреза состоит из корпуса 1, подшипниковых узлов 2 с валиками 3, равномерно и равноудалено расположенных от оси 9 корпуса 1 (Рис. 1). Валики 3 наклонены под углом ψ к оси 9 корпуса 1 и содержат с рабочей стороны режущие элементы 4 с круглыми режущими лезвиями и шестерни 5 с противоположной стороны, входящие в зацепление с неподвижным зубчатым венцом 6, установленным на пиноли 7 шпиндельной головки станка.

Корпус 1 ротационной фрезы вращается относительно своей оси 9 с угловой скоростью ω_k , режущие элементы 4 вращаются совместно с корпусом 1 фрезы и одновременно - в узлах 2 с угловой скоростью ω_p . Заготовка 8 совершает движение подачи V_s . Вращение корпуса 1 для точки В вершины режущей кромки обеспечивает линейную скорость V_k , равную $V_k = \omega_k \cdot R_B$, вращение режущих элементов 4 в подшипниковых узлах - скорость $V_p = \omega_p \cdot d_4/2$, где d_4 - диаметр режущих элементов 4.

Угловая скорость ω_k и подача V_s могут быть назначены в широких пределах в зависимости от технологических условий обработки. Вращение режущих элементов 4 в подшипниковых узлах 2 с угловой скоростью ω_p осуществляется принудительно с помощью кинематической передачи 5-6 или обеспечивается путем самовращения. Последний способ проще в реализации, однако непригоден для назначения оптимальной величины скорости ω_p , к тому же взаимодействие режущего элемента с заготовкой носит ударный характер. Поэтому для анализа кинематики ротационного фрезерования в оптимальном режиме рассматриваем принудительное вращение режущих элементов.

В зависимости от конструктивных размеров корпуса и режущих элементов возможно три случая суммирования линейных скоростей V_p и V_k для вершины точки В инструмента:

1. Скорости V_p и V_k равны по модулю, но противоположны по направлению, следовательно тангенциальная составляющая $V_t = 0$.
2. Скорость V_p больше скорости V_k . Вершина (точка В лезвия) будет испытывать незначительное трение скольжения.
3. Скорость V_p меньше скорости V_k . Вершина (точка В лезвия) будет испытывать незначительное трение скольжения в противоположном направлении по отношению ко второму случаю.

Тангенциальная составляющая скорости V_t , равная геометрической сумме скоростей $\bar{V}_t = \bar{V}_p + \bar{V}_k + \bar{V}_s$ будет соизмерима по абсолютной величине со скоростью движения подачи \bar{V}_s . Направление вектора \bar{V}_t для отдельной точки рабочего участка режущего лезвия будет различным, отличным от направления вектора \bar{V}_s до 90° в обе стороны (Рис. 2).

В рассматриваемых случаях процесс стружкообразования будет носить характер отслаивания припуска в направлении, противоположном направлению подачи \bar{V}_s заготовки. Наличие дополнительного движения - вращения режущего элемента 4 в подшипниковом узле является изменением количественных характеристик процесса резания, приводящих к его качественному изменению. То есть, процесс традиционного фрезерования трансформируется в процесс "кругового" строгания, изучение которого требует дополнительных исследований. Процесс "кругового" строгания заключается в том, что обкатка режущих лезвий в режиме приближенного качения в тангенциальном направлении при ротационном фрезеровании изменяет антагонистическую взаимосвязь между скоростью резания и стойкостью режущих элементов. Предполагается данную закономерность рассматривать в координатных осях $T - V - V_k - V_s$ (Рис. 3).

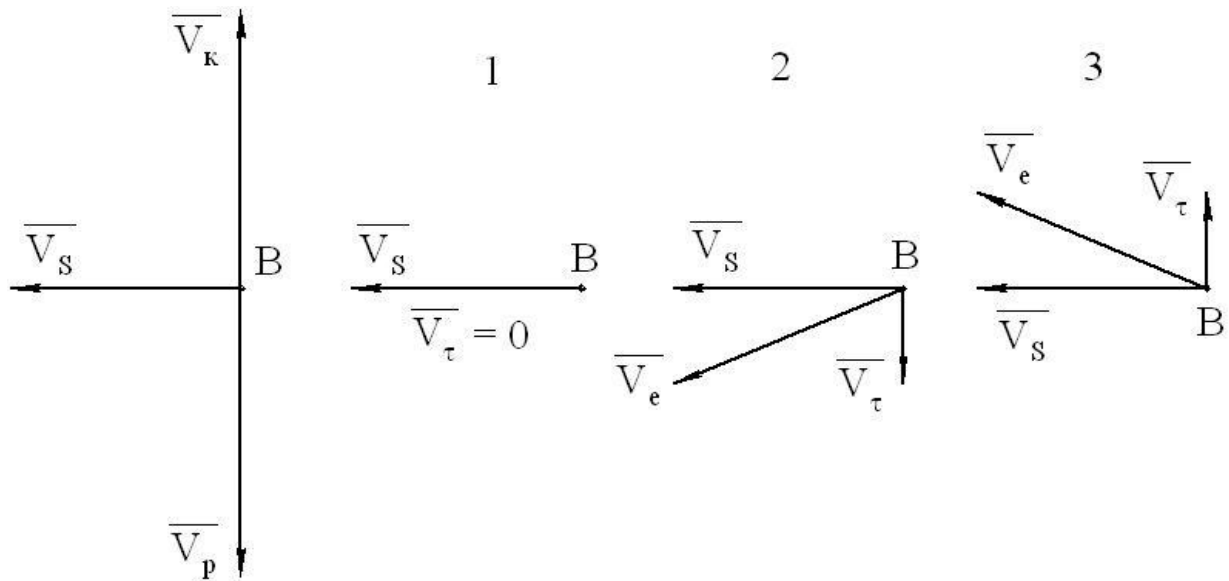


Рис. 2. Варианты направления скоростей при ротационном фрезеровании

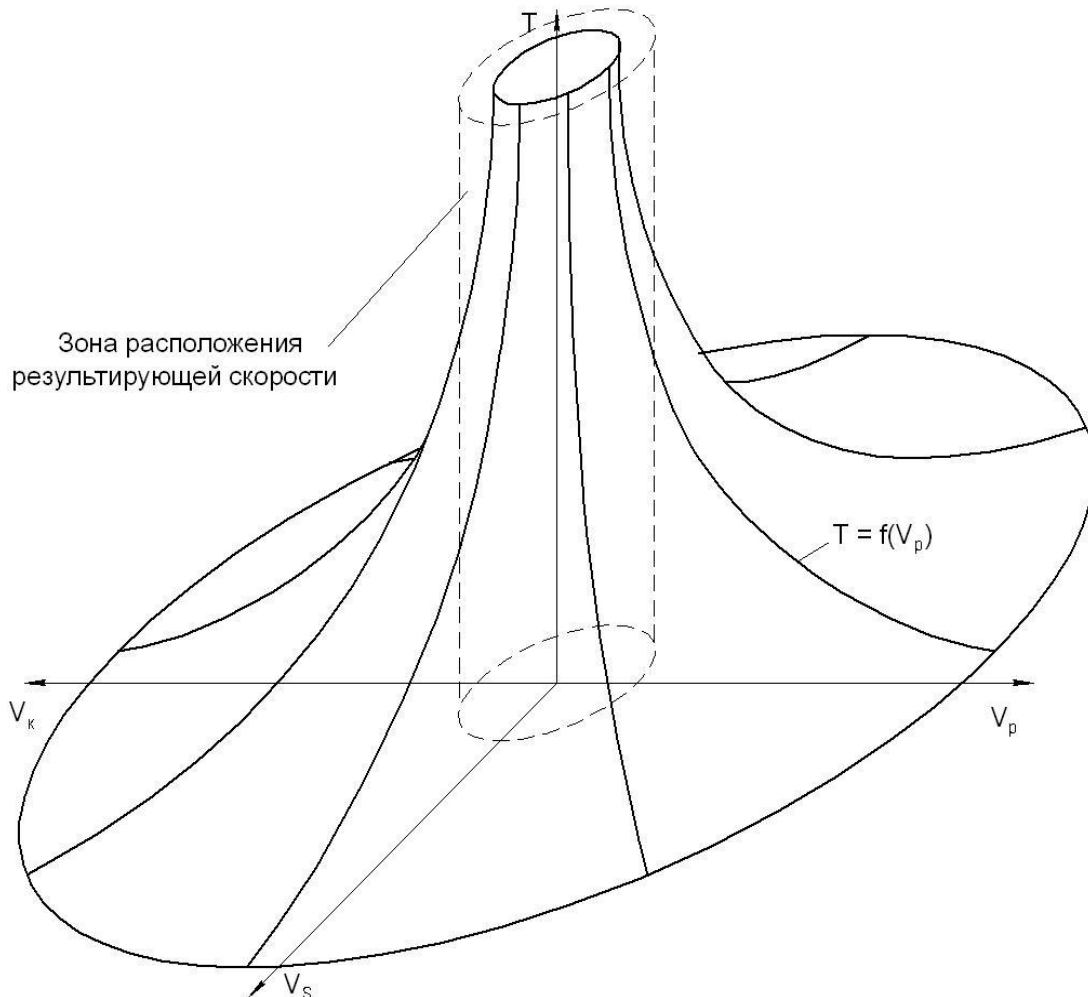


Рис. 3. Объемный график зависимости стойкости от скоростей

В плоскости $T - V_p$ зависимость $T = f(V)$ носит известный антагонистический характер. В новой системе координат результирующая скорость скольжения может располагаться в некоторой области вокруг центра координат. В любой из плоскостей $T - V_s$; $T - V_k$; $T - V_p$ зависимость $T = f(V)$ носит аналогичный характер. Для рассматриваемого случая 1 её можно рассматривать в плоскости $T - V_s$ при практически любой скорости резания V_p .

На основании рассмотренного анализа авторами выдвинуто предположение, что при ротационном резании в отличие от традиционного скорость главного движения резания не совпадает со скоростью трения скольжения. Стойкость зависит от скорости трения, а производительность определяется скоростью главного движения. Следовательно, за счет повышения скорости главного движения ротационного инструмента можно добиться высокой производительности при одновременном сохранении высокой стойкости режущих элементов.

Список литературы

1. **Нодельман М. О.** Механообработка резанием. Основы теории и практика. Челябинск.: Машгиз, 1960. 160 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.

МЕХАНИКА САМОВРАЩЕНИЯ КРУГЛЫХ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РОТАЦИОННОЙ ФРЕЗЫ

*Гатитулин Мавлет Нигаматович, Сметанин Сергей Дмитриевич, Соколов Михаил Александрович
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск*

В зависимости от причин, вызывающих вращение круглых режущих элементов в подшипниковых узлах, ротационные инструменты разделяют на две группы: с самовращением силами трения, возникающими между контактными поверхностями режущего элемента и заготовки, и с принудительным вращением - от специального привода [2]. При резании ротационной фрезой каждый круглый режущий элемент (чашка) имеет периоды рабочего контакта с заготовкой, совершая механическую работу по снятию припуска на обработку и периоды холостого хода, без совершения работы [4]. Вращение чашки в подшипниковом узле обеспечивает частичную замену режима перемещения с трением скольжения на режим перемещения с трением качения по обрабатываемой поверхности. Поэтому эффективная работа инструмента в данном режиме обеспечивается при учёте законов движения тел качения [3].

Задачами исследования механики резания ротационной фрезой с самовращением режущего элемента являются определение законов движения режущей чашки относительно обрабатываемой заготовки, уточнение сил, обеспечивающих самовращение чашки и обоснование необходимости более глубокого изучения закономерностей процессов ротационного резания. При проведении исследований коэффициент трения между контактирующими поверхностями принят величиной постоянной, не зависящей от скорости скольжения, изменения нагрузки и т.д., т.е. рассматривалась идеальная фрикционная передача.

Взаимодействие режущей чашки с обрабатываемой поверхностью заготовки рассмотрим в статике для второй геометрической схемы ротационного резания [4] при параллельных осях шпинделей станка и подшипниковых узлов режущих чашек, т.е. угол $\beta = 0$ (Рис. 1). Анализ процесса резания фрезой с жестко закрепленной чашкой необходим в качестве базы для сравнения с резанием ротационной фрезой с самовращением чашки. Результирующая скорость V_e резания является величиной переменной по модулю и направлению для отдельных точек на дуге БГ контакта режущего лезвия чашки 1 с заготовкой 2 вследствие перемены величины $(R+r)$ для этих точек от оси О [5].

Скорость V , возникающая вследствие вращения корпуса фрезы для точки В (точка равнодействующей силы на середине дуги БГ контакта) равна:

$$V = \omega(R + r - S_z/2) \quad (1)$$

Результирующая скорость \bar{V}_e в векторной и скалярной форме равна соответственно:

$$\bar{V}_e = \bar{V} + \bar{V}_s \quad (2)$$

$$V_e = \sqrt{V^2 + V_s^2 - 2 \cdot V \cdot V_s \cdot \sin \psi} \quad (3)$$

где \bar{V}_s - вектор скорости движения подачи.

Разложим результирующую скорость на составляющие вдоль осей (Рис. 2):

$$V_z = V_e \cdot \cos \eta \quad (4)$$

$$V_x = V_e \cdot \sin \eta \quad (5)$$

На чашку 1 действует нормальная сила \bar{N} и сила \bar{F} (Рис. 1, 3, 4). В плоскости XZ (Рис. 4) вектор \bar{N}_{xz} направлен радиально точке А, вектор \bar{F} - противоположно вектору \bar{V}_e . Силами трения скольжения по передней поверхности чашки 1 в направлении оси Y пренебрегаем вследствие преимущественного износа при ротационном резании по задней поверхности чашки, (т.е. $F = F_{xz}$). В радиальном сечении Ж-Ж чашки 1 сила $\bar{N}^{Ж}$ равна (Рис. 3, 5):