

зирования.

Для схемы базирования, представленной матрицей (1), выражение (4) в развернутой форме записи имеет вид:

$$\begin{bmatrix} a_y \\ b_y \\ c_y \\ \lambda_y \\ \beta_y \\ \gamma_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q_{16} \\ 0 & 0 & 0 & q_{24} & q_{25} & 0 \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & 0 & 0 & 0 \\ q_{41} & q_{42} & q_{43} & 0 & 0 & 0 \\ q_{51} & q_{52} & q_{53} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_{64} & q_{65} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta z_1 \\ \Delta z_2 \\ \Delta z_3 \\ \Delta y_4 \\ \Delta y_5 \\ \Delta x_6 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где: q_{ij} – элементы матрицы Q , являются линейными функциями плановых координат $q_{ij} = f(x_i, y_i, z_i)$, определяющих положение опорных точек на соответствующих базовых поверхностях.

Нормальные координаты опорных точек $(\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i)$ являются случайными величинами, значения которых зависят от геометрической точности контактируемых базовых поверхностей, от контактных деформаций, от правильности приложения силового замыкания и возможной неорганизованной смене баз. В соответствие с этим составляющие вектора ω_y могут изменяться в пределах от верхнего $\omega_y^B = (a_y^B, b_y^B, c_y^B, \lambda_y^B, \beta_y^B, \gamma_y^B)$ до нижнего $\omega_y^H = (a_y^H, b_y^H, c_y^H, \lambda_y^H, \beta_y^H, \gamma_y^H)$ значения отклонений.

Наиболее вероятные отклонения определяют как математические ожидания [2]:

$$m(\omega_y) = [m(a_y), m(b_y), m(c_y), m(\lambda_y), m(\beta_y), m(\gamma_y)].$$

Для расчета наиболее вероятных отклонений $m(\omega_y)$ в выражении (5) матрицу T следует заменить матрицей $M_{(\Delta xyz)}$, определяющей наиболее вероятные значения нормальных координат $(m\Delta x_i, m\Delta y_i, m\Delta z_i)$:

$$m(\omega_y) = Q \cdot M_{(\Delta xyz)}. \quad (6)$$

Изложенная методика используется в расчетном модуле системы автоматизированного проектирования станочных приспособлений (САПР СП), что позволяет в процессе проектирования рассчитывать погрешность установки заготовок и моделировать различные варианты их базирования и закрепления.

Литература

1. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения / Под ред. Соломенцева Ю.М. М.: Высшая школа, 1999. 416с.
2. Тимирязев В.А., Хазанова О.В. Моделирование баз при расчете точности установки деталей. М.Машиностроение, ж. Автоматизация и современные технологии. № 1, 2006г.

Исследование износа сборных твердосплавных фасонных фрез в зависимости от диаметра и интенсивности отвода тепла

Чулин И.В., д.т.н. проф. Гречишников В.А.

МГТУ СТАНКИН

iluxa-84@mail.ru, 499-972-94-56

Аннотация. В статье представлен материал об особенностях проектирования фасонных фрез для обработки острияков. Рассмотрены такие вопросы, как определение диаметра фасонных фрез и интенсивность отвода теплоты.

Ключевые слова: *остряк, фасонная фреза, диаметр фрезы, тепло, металлообработка.*

При изготовлении стрелочных переводов особое место уделяют изготовлению острияка.

Фрезерование используется при предварительной и чистовой механообработке. Фрезам, применяемым при чистовой механической обработке, приходится снимать слой закаленной стали не однородный по своему составу, состоящий из оксидных включений, твердость которых может быть равна твердости материала режущей кромки фрезы.

Инструменты, применяемые при обработке закаленных сталей работают в тяжелых условиях действия высоких давлений на поверхностях контакта и высокой температуры. Особое внимания при проектировании уделяется расчетам по расположению режущих пластин в корпусе инструмента и отводу тепла от зоны резания. При выборе пластин для компоновки конструкции необходимо предварительно рассчитать минимальный диаметр фасонной фрезы для установки пластин выбранного типоразмера. Данный расчет необходимо использовать для определения запаса прочности проектируемой фрезы. Благодаря оптимальным теплопроводящим качествам конструкции сборной фасонной фрезы нагрев и, как следствие, уменьшение прочности в процессе работы будут минимальными, что приведет к уменьшению шероховатости и увеличению точности обработки.

Конструктивно фасонная фреза с СМП для обработки острияков может иметь множество диаметров, определяющих положение пластин. Для повышения жесткости и точности конструкции ножи с режущими пластинами необходимо устанавливать непосредственно в корпус фрезы без использования промежуточных конструктивных элементов. Расчет диаметров для таких фрез имеет некоторые особенности, связанные с возможностью обработки пазов под ножи в заготовке корпуса.

Наиболее распространенной и технологичной операцией изготовления паза является фрезерование. Для того чтобы обеспечить возможность фрезеровки паза под радиально установленную пластину, угол между плоскостью паза и спинкой соседнего зуба должен быть не менее 90° . При этом толщина зуба S должна обеспечивать возможность размещения элементов крепления ножа и достаточную жесткость зуба. В конструкциях, где фрезерование паза затруднено или невозможно (например, при больших положительных передних углах режущей части), для обработки паза может быть использовано долбление или другие методы обработки пазов.

На рисунке 1 показана расчетная схема для определения диаметра фрезы под установку режущих пластин.

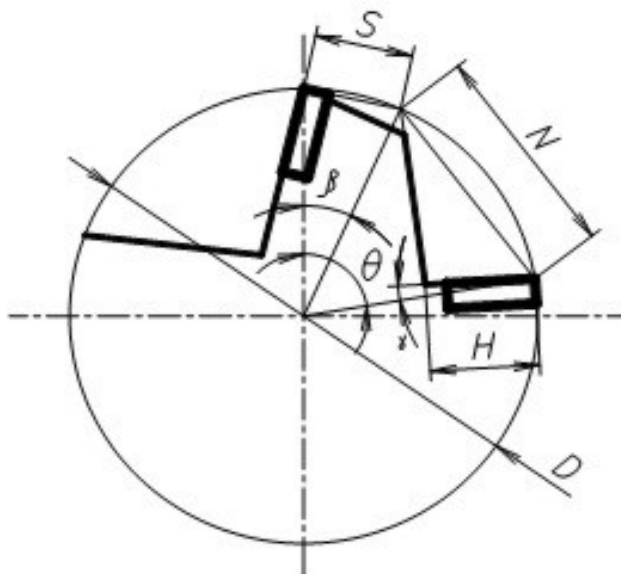


Рисунок 1 – Расчетная схема для определения минимального диаметра фасонной фрезы под установку режущих пластин

Связь между конструктивными параметрами элементов конструкции описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} D \cdot \sin \frac{\theta - \beta}{2} = \frac{H}{\sin(\frac{\theta - \beta}{2} + \gamma)}, \\ S = D \cdot \sin \frac{\beta}{2} \end{cases}, \quad (1)$$

где: D - диаметр, определяющий положение базовой точки F пластины;

θ - угол между зубьями:

$$\theta = \frac{360}{z}; \quad (2)$$

z - число зубьев фрезы;

S - хорда, характеризующая толщину зуба:

$$S = S_{nl} + S_{on} + S_z; \quad (3)$$

S_{nl} - толщина режущей пластины;

S_{on} - толщина опорной пластины;

S_z - толщина зуба;

β - центральный угол хорды S ;

H - глубина паза;

$$H = \frac{L \cdot \sin \eta}{\cos \varphi}, \quad (4)$$

где η - угол между гранями пластины.

При расчете необходимо учитывать знак угла γ .

Данная система решается аналитически при заданных D, S, γ и позволяет определить максимально возможное число зубьев Z .

Задача определения диаметра может решаться двумя способами в зависимости от известных параметров, определяемых условиями работы фасонной фрезы. Если диаметр инструмента не ограничен (общий случай), то назначаются число зубьев и их толщина и по вышеприведенной системе уравнений рассчитывается минимально допустимый диаметр, определяющий положение точки крайней пластины, расположенной на участке с наименьшим диаметром фрезы. Если же максимальный диаметр определяется технологической операцией фасонной обработки, как в случае обработки боковых поверхностей острия, и его значение задано изначально, то определяется число зубьев, при котором толщина зуба S на участке с меньшим диаметром, определяющим положение точки крайней пластины, больше или равна минимально допустимой.

В связи с тем, что режущие элементы находятся в корпусе на разных радиусах, скорость резания, а следовательно, и износ будут для каждого элемента различны. Для того чтобы обеспечить более равномерный износ режущих элементов, обрабатывающих нижнюю и верхнюю точки профиля заготовки, отношение наибольшего диаметра обработки D_{max} к наименьшему D_{min} должно быть не более 1,4...1,6. Учитывая, что $D_{max} - D_{min} = 2H$, где H - высота профиля обрабатываемой детали, условие, определяющее минимальное значение наименьшего радиуса фрезы, запишется следующим образом:

$$D_{min} > \frac{2H}{(0,4...0,6)}. \quad (5)$$

Условие должно выполняться для всех типов конструкций фрез.

Чтобы исследовать влияние интенсивности отвода теплоты на износ, необходимо сравнить схемы работы фрез с различными главными углами в плане.

С уменьшением главного угла в плане φ увеличивается активная длина режущей кромки b , то есть длина его контакта с обрабатываемым металлом (рисунок 2).

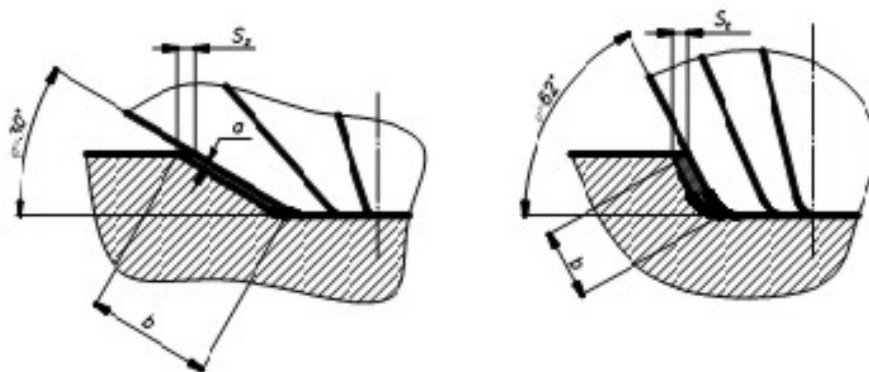


Рисунок 2 – Схема снятия припуска фасонной фрезой

Вследствие этого улучшается отвод тепла от режущей кромки в тело инструмента, понижается температура, повышается стойкость фрезы.

Теплота Q в процессе резания образуется в результате:

1. внутреннего трения между частицами обрабатываемого металла в процессе деформации $Q_{\text{деф}}$;
2. внешнего трения стружки о переднюю поверхность режущего клина $Q_{\text{п.т}}$.
3. внешнего трения поверхности резания и обработанной поверхности о задние поверхности режущего клина $Q_{\text{з.тр}}$;
4. отрыва стружки, диспергирования $Q_{\text{дисп}}$ (образования новых поверхностей), то есть:

$$Q = Q_{\text{ДЕФ}} + Q_{\text{П.ТР}} + Q_{\text{З.ТР}} + Q_{\text{ДИСП}} \quad (6)$$

Предполагая, что механическая работа резания полностью переходит в теплоту, получим

$$Q = \frac{R}{E} = \frac{P_z v}{E} = \frac{P_z v}{427} \text{ ккал/мин}, \quad (7)$$

где Q – количество теплоты в ккал/мин; R – работа резания в кгс м/мин ($R = P_z v$);

E – механический эквивалент теплоты ($E = 427$ кгс м/ккал).

В действительности в теплоту обращается не вся работа резания: небольшая часть ее переходит в потенциальную энергию искаженной кристаллической решетки. Поэтому более правильно формулу выразить так:

$$Q = \frac{P_z v}{427} \alpha_0, \quad (8)$$

где α_0 — коэффициент, учитывающий указанные потери, незначительные по величине. В обычных расчетах этой потерей пренебрегают.

Каждый источник теплоты имеет свою сферу непосредственного воздействия.

Следовательно, наиболее высокая температура — температура резания должна наблюдаться в стружке в зоне контакта ее с передней поверхностью инструмента, так как здесь концентрируется наибольшее количество теплоты, образующейся в результате деформации стружки и трения ее по передней поверхности режущей пластины.

На рисунке 3,а показана схема сил, действующих в зоне резания.

Считая, что вся работа резания в единицу времени $R_z = P_z v$, работа трения стружки по передней поверхности

$$R_{\text{П}} = F_{\text{П}} v_{\text{СТР}} = F_{\text{П}} v \frac{1}{\xi} (\xi \text{ — усадка стружки}), \quad (9)$$

получим работу деформации стружки:

$$R_{\text{ДЕФ}} = R_z - R_{\text{П}} = P_z v - F_{\text{П}} v \frac{1}{\xi}. \quad (10)$$

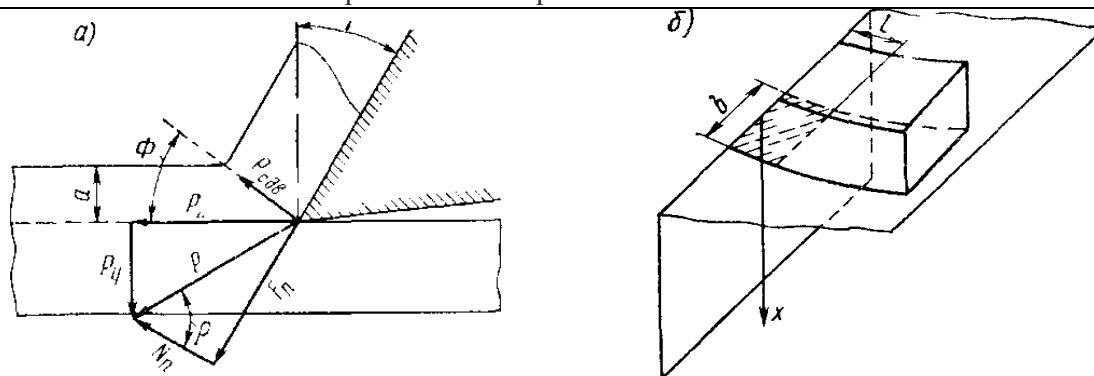


Рисунок 3. Схема сил, действующих в процессе резания (а), и схема контакта стружки и режущего клина (б)

Но $F_{\Pi} = P_Z \sin \gamma + P_Y \cos \gamma$ (пренебрегаем силой трения по задней поверхности) и, следовательно, работа деформации стружки

$$R_{ДЕФ} = P_Z v \left[1 - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right], \quad (11)$$

где $\mu_0 = \frac{P_Y}{P_Z}$.

Повышение температуры стружки благодаря ее деформации составит в среднем

$$(\theta_{ДЕФ} - \theta_0)_{CP} = \frac{\alpha_0 P_Z v \left[(1 - \beta_0) - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right]}{E c d b a v}, \quad (12)$$

где: $\theta_{ДЕФ}$ — средняя температура стружки, когда последняя покидает зону деформации, в °С;

θ_0 — температура окружающей среды в °С; α_0 — коэффициент, учитывающий потерю теплоты на скрытую энергию деформации (принимаем $\alpha_0 = 0,95$); β_0 — коэффициент, учитывающий переход части тепла в изделие (по Вейнеру $\beta_0 = 0,1$ при $v = 100$ м/мин, $\beta_0 = 0,05$ при $v = 300$ м/мин); E — механический эквивалент теплоты ($E = 427 \cdot 10^{-3}$ кгс м/ккал); c — теплоемкость нагретой стружки в ккал/кгс град; d — плотность стружки ($7,8 \cdot 10^{-6}$ кгс/мм³); b — ширина среза в мм; a — толщина среза в мм.

Принимая $\frac{P_Z}{ba}$ — p кгс/мм² (удельная сила резания) и пренебрегая значением θ_0 , получим

$$\theta_{ДЕФ.СР} = \frac{\alpha_0 p \left[(1 - \beta_0) - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right]}{E c d}. \quad (13)$$

Покидая зону деформации, нагретая до температуры $\theta_{ДЕФ.СР}$ стружка трется по передней поверхности режущего элемента со скоростью $\frac{v}{\xi}$ на площади контакта шириной b и длиной l (рисунок 3,б).

Теплота работы силы трения по передней грани в единицу времени:

$$Q_{ТР.П} = \frac{F_{\Pi} v}{E \xi}. \quad (14)$$

Чтобы определить температуру на передней поверхности пластины, полученную в результате трения стружки, будем рассматривать каждую режущую пластину как твердый

стержень с поперечным сечением, равным bl , на одной стороне которого поддерживается постоянная температура $\theta_{TP.П}$. Для решения поставленной задачи используется уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial \theta_{TP.П}}{\partial \tau} = \omega \frac{\partial^2 \theta_{TP.П}}{\partial x^2}, \quad (15)$$

где $\omega = \frac{\lambda}{c'd'}$ — температуропроводность; λ — теплопроводность твердого сплава; c' — теплоемкость твердого сплава; d' — плотность; τ — время, в течение которого стружка проходит площадь контакта длиной l ;

$$\tau = \frac{l}{v_{СТР}} = \frac{l\xi}{v}. \quad (16)$$

Решая уравнение по М. П. Левицкому, при начальных и граничных условиях $\theta_x = \theta_{TP.П}$ при $x = 0$, $\theta_{TP.П} = 0$ при $\tau = 0$, получим уравнение:

$$\theta_{\tau,x} = \theta_{TP.П} \left(\frac{x}{\Delta} - \frac{2}{\pi} e^{\frac{\pi^2 \sigma^2}{\Delta^2}} \sin \frac{\pi x}{\Delta} \right), \quad (17)$$

где $\theta_{\tau,x}$ — температура, возникающая от теплоты трения в данной точке и в данный момент времени τ ; Δ — глубина, на которую проникает теплота трения за время τ .

Минуя промежуточные вычисления и пренебрегая температурой внешней среды, получим:

$$\theta_{TP.П} = \frac{F_{П} \sqrt{v \frac{1}{\xi} \pi}}{2Eb\sqrt{\lambda cdl}}. \quad (18)$$

Суммируя температуры деформации стружки и трения ее по передней поверхности инструмента, получим температуру резания, т.е. среднюю температуру на площади контакта стружки и инструмента:

$$\theta_{PEЗ} = \theta_{ДЕФ} + \theta_{TP.П} = \frac{\alpha_0 p \left[(1 - \beta_0) - (\sin \gamma + \mu_0 \cos \gamma) \frac{1}{\xi} \right]}{Ecd} + \frac{F_{П} \sqrt{v \frac{\sqrt{\pi}}{\xi} \frac{1}{2}}}{Eb\sqrt{\lambda cdl}}. \quad (19)$$

Выводы

1. Использование методики по определению диаметров фасонной фрезы позволит проектировать фрезы с требуемым запасом прочности, тем самым сократить расходы на инструмент, что, в свою очередь, понизит себестоимость готовой продукции (острыка).
2. Как видно из формулы (19), с увеличением скорости резания уменьшается температура, возникающая при деформации, но возрастает температура трения. В результате температура резания повышается, но в значительно меньшей степени, чем сама скорость.
3. Значения постоянных коэффициентов $(\alpha_0, \beta_0, \mu_0)$ также изменяются в зависимости от различных факторов. Поэтому для расчета температуры в зоне резания в общем случае следует пользоваться эмпирическими формулами, показывающими закономерности изменения температуры в зоне резания в зависимости от различных факторов и справедливыми в определенных границах и условиях.

Литература

1. Справочник конструктора-инструментальщика/ под общ. Ред. В.А. Грешишникова и С.В. Кирсанова, 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 2006.- 542с.: ил.
2. Металлорежущий инструмент: Учебник для ВУЗов. Сахаров Г.Н., Арбузов О.В., Боровой Ю.Л. и др. М.: Машиностроение, 1989.

3. Зорев Н.Н. Исследование элементов механики процесса резания. М.:Машгиз, 1956, 365с.
4. Грановский Г.И., Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985, 304с.
5. Режущий инструмент: Учебник для вузов/ Под редакцией С.В. Кирсанова.- 3-е издМ.: Машиностроение, 2007.-528 с.: ил.
6. Костюков Я.Х. Динамика фасонного фрезерования. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва 1981,140с.

Размагничивающий фактор гранулированного магнетика (фильтрующей матрицы) как жгута каналов намагничивания

д.т.н. проф.Сандуляк А.В., к.т.н. доц. Сандуляк А.А., к.т.н. Ершова В.А.
МГТУ «МАМИ»
(495) 223-05-23 доб. 1313

Аннотация. Излагаются и анализируются данные размагничивающего фактора различных (по относительной длине) образцов гранулированной среды (засыпки шаров) и сердцевин эффективного канала намагничивания в цепочке шаров. Приводятся соответствующие экспериментальные и описывающие их феноменологические зависимости размагничивающего фактора.

Ключевые слова: гранулированная среда, цепочка шаров, размагничивающий фактор

1. При исследовании магнитных свойств композитных сред (а эти исследования проводят с их образцами конечных размеров) крайне необходимым становится и определение значений такого «теневого», но исключительно важного количественного параметра, как размагничивающий фактор N [1-3] самих образцов, иначе получаемые данные проницаемости (и/или восприимчивости) останутся всего лишь частными, узко специфичными. Как это ни покажется парадоксальным, но по большинству имеющихся результатов экспериментальных исследований композитных магнетиков зачастую сложно судить, каким именно значением N обладает тот или иной исследуемый образец, какой из параметров проницаемости фигурирует в тех или иных выкладках: квазисплошной среды μ или квазисплошного образца (конечных размеров) μ_L этой среды. Более того, если прямые или косвенные данные все же указывают на то, что речь идет, например, о μ_L , то информация о μ как более общем параметре продолжает оставаться недоступной (даже при известных данных γ).

В такой ситуации (или подобной ситуации, когда по известному значению μ требуется определить μ_L) данные об N действительно важны, особенно – соответствующие функциональные зависимости, например, с учетом геометрии образца (упоминания о таких зависимостях применительно к композитным магнетикам авторам не известны). Как и важны данные (кстати, тоже часто отсутствующие) о конкретной геометрии объекта исследования, в частности, об относительном габарите образца: для цилиндрического – отношении его длины L к диаметру D .

При наличии упомянутых зависимостей можно решать эти и другие прямые и обратные задачи, в том числе, не прибегая к специальным (дополнительным) исследованиям, находить любое частное (для иного образца) значение μ_L (отличное от уже установленного в том или ином конкретном опыте).

2. К композитным магнетикам относится широкий класс «плотно упакованных» гранулированных (зернистых) сред-магнетиков, являющихся, в частности, рабочим органом магнитного фильтра. Их объемная концентрация γ находится именно в одном из характерных (рисунок 1а) [2] интервалов γ – в закритической области, т.е. за перколяционным переходом, в области хорошей металлической проводимости [1, 2].

Варианты искусственного структурирования гранулированных (модельных полишаро-