

РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ПРИ РОТАЦИОННОМ ТОЧЕНИИ

Ранее авторами была получена формула для определения толщины срезаемого слоя в случае ротационного точения, когда передней поверхностью является торец чашки резца, а ось резца наклонена в сторону шпинделя станка:

$$a_M = s_o \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \varphi' \cdot \cos \eta \cdot \cos \eta', \quad (1)$$

где s_o – подача на оборот; φ – кинематический угол в плане; φ' – угол в плане в основной плоскости без учета вращения резца; η' – угол между векторами скорости резания и скорости резания без учета вращения резца; η – угол между векторами скорости резания без учета вращения резца и скорости главного движения.

Данной теоретической зависимостью можно воспользоваться для любых случаев ротационного резания, если известны значения входящих в нее угловых параметров, определяемых по заданным условиям резания.

Для нахождения углов η и η' рассмотрим технологическую систему координат XYZ с началом в произвольной точке M режущей кромки с векторами скоростей и их проекциями на координатные оси (рис. 1). Направления координатных осей выбраны следующими: ось OX проходит параллельно оси главного вращательного движения, ось OY – параллельно радиусу этого движения в вершине лезвия, ось OZ – параллельно вектору скорости главного вращательного движения в вершине лезвия. Задача нахождения углов сводится к решению прямоугольных и косоугольных векторных треугольников.

Угол между векторами скорости главного движения \vec{v}_M и скорости резания без учета вращения резца \vec{v}_{em} (на рис. 1 вектор $\vec{v}_{em} = \vec{v}_M + \vec{v}_{S_o}$, где \vec{v}_{S_o} – вектор скорости движения подачи) можно определить по выражению

$$\operatorname{tg} \eta = \frac{v_{S_o}}{v_M}; \quad \eta = \operatorname{arctg} \frac{v_{S_o}}{v_M}. \quad (2)$$

Значения скорости резания без учета вращения резца v_{em} и скорости резания v'_{em} найдутся по формулам

$$v_{em} = \sqrt{v_{S_0}^2 + v_M^2}; \quad (3)$$

$$v'_{em} = \sqrt{v_{\tau}^2 + v_{em}^2 - 2v_{\tau} v_{em} \cdot \cos \alpha}.$$

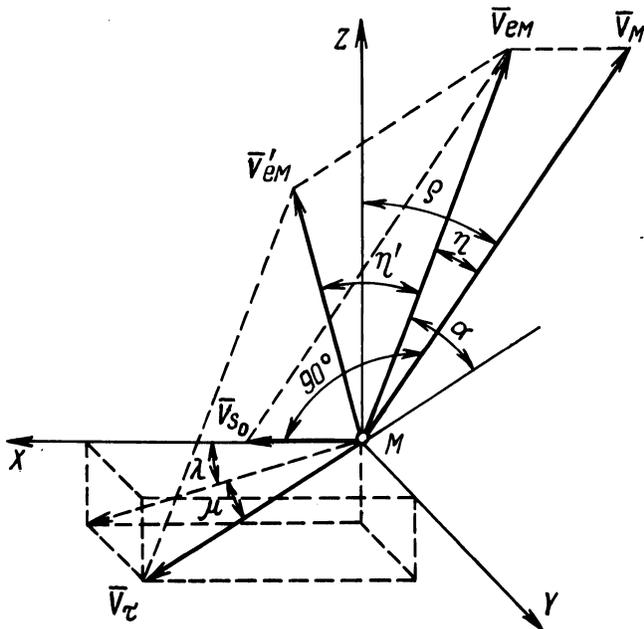


Рис. 1. Схема к расчету углов η и η' .

Угол между векторами скорости вращения резца \vec{v}_{τ} и скорости резания без учета вращения резца \vec{v}_{em} определяется по формуле

$$\cos \alpha = \frac{X \cdot X_1 + Y \cdot Y_1 + Z \cdot Z_1}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \cdot \sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2}},$$

где X, Y, Z и X_1, Y_1, Z_1 — проекции векторов соответственно \vec{v}_{τ} и \vec{v}_{em} на координатные оси

$$X = v_{\tau} \cdot \cos \mu \cdot \cos \lambda; \quad Y = v_{\tau} \cdot \sin \mu; \quad Z = -v_{\tau} \cdot \cos \mu \cdot \sin \lambda;$$

$$X_1 = v_{S_0}; \quad Y_1 = v_M \cdot \sin \rho; \quad Z_1 = v_M \cdot \cos \rho.$$

После подстановки этих выражений в предыдущую формулу можно получить

$$\cos \alpha = \frac{\delta \cdot \cos \mu \cdot \cos \lambda + \sin \mu \cdot \sin \rho - \cos \mu \cdot \sin \lambda \cdot \cos \rho}{\sqrt{1 + \delta^2}} \quad (4)$$

В данном выражении величина δ есть соотношение скоростей движений подачи и главного движения в точке М, т. е.

$$\delta = \frac{v_{S_0}}{v_M}$$

Поскольку значение скорости v_M переменное, введем в последнее соотношение вектор скорости главного движения в вершине v_0 :

$$\delta = \xi \frac{D_0}{D_M}$$

где $\xi = \frac{v_{S_0}}{v_0}$; D_0 - диаметр обработанной поверхности; D_M - диаметр заготовки, соответствующий точке М.

Угол ρ отклонения вектора скорости главного движения от оси OZ можно определить (рис. 2) по формулам:

$$\sin \rho = \frac{d}{D_M} \cdot \sin \mu \cdot \sin \lambda; \quad (5)$$

$$\cos \rho = \frac{D_0}{D_M} \left[1 + \frac{d}{D_0} (1 - \cos \mu) \right], \quad (6)$$

где d - диаметр резца.

Подставляя соотношения (5) и (6) в выражение (4), получим:

$$\cos \alpha = \frac{\xi \cos \mu \cos \lambda + \frac{d}{D_0} \sin^2 \mu \sin \lambda - \left[1 + \frac{d}{D_0} (1 - \cos \mu) \right] \cdot \cos \mu \sin \lambda}{\sqrt{\left(\frac{D_M}{D_0} \right)^2 + \xi^2}} \quad (7)$$

Подставляя (7) в (3), можно найти величину скорости резания v_{em} , а, зная величины скорости резания v'_{em} , скорости резания без учета вращения резца v_{em} и скорости вращения резца v_{τ} , по теореме косинусов для ранее рассмотренного треугольника можно определить угол между векторами \bar{v}'_{em} и \bar{v}_{em} :

$$\cos \eta = \frac{v_{em}^2 - 2v_{\tau} v_{em} \cos \alpha + v_{em}^2}{2v_{em} \sqrt{v_{\tau}^2 + v_{em}^2 - 2v_{\tau} v_{em} \cos \alpha}}$$

После некоторых преобразований получим

$$\cos \alpha = \frac{\cos \eta - \frac{v_{\tau}}{v_M} \cdot \cos \alpha}{\sqrt{\left(\frac{v_{\tau}}{v_M}\right)^2 + \cos^2 \eta - 2\left(\frac{v_{\tau}}{v_M}\right) \cdot \cos \alpha \cdot \cos \eta}}$$

Скорости, входящие в эту формулу, можно выразить через числа оборотов вспомогательного n_B (вращение резца) и главного n_{Γ} (вращение заготовки) движений. Тогда выражение для угла η' запишется в виде:

$$\cos \eta' = \frac{\cos \eta - \frac{n_B}{n_{\Gamma}} \cdot \frac{d}{D_M} \cdot \cos \alpha}{\sqrt{\left(\frac{n_B}{n_{\Gamma}}\right)^2 \cdot \left(\frac{d}{D_M}\right)^2 + \cos^2 \eta - 2\frac{n_B}{n_{\Gamma}} \cdot \frac{d}{D_M} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \eta}} \quad (8)$$

В полученных формулах (5–8) содержится переменный диаметр D_M , зависящий от положения рассматриваемой точки на режущей кромке относительно вершины. Это положение может

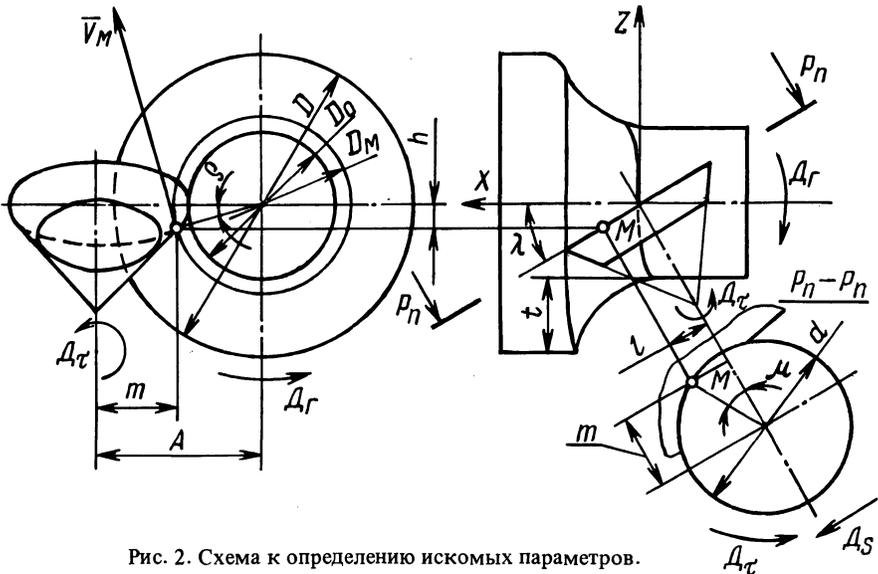


Рис. 2. Схема к определению искомых параметров.

быть задано угловым параметром μ , являющимся при ротационном течении одновременно и параметром времени.

Выразим диаметр D_M через угол поворота μ , для чего воспользуемся схемой на рис. 2 и запишем:

$$\frac{d^2}{4} \sin \mu \cdot \sin \lambda = \left(\frac{D_M}{2} \right)^2 - (A - m)^2; \quad (9)$$

$$D_M = d^2 \cdot \sin^2 \mu \cdot \sin^2 \lambda + [D_0 + d(1 - \cos \mu)^2].$$

Таким образом, полученные формулы позволяют найти численные значения углов η и η' . Располагая этими углами, а также численными значениями углов в плане φ и φ' в рассматриваемой точке режущей кромки M , можно рассчитать значение толщины срезаемого слоя a_M в данной точке режущей кромки ротационного резца. По конкретным численным значениям толщины срезаемого слоя в различных точках режущей кромки будут произведены исследования деформации срезаемого слоя, сил и температуры резания.

УДК 621.7.06

П.С.Чистосердов, канд. техн. наук (ММИ),
О.В.Цумарев, инженер (ММИ)

ОБ ОДНОЙ ИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТА ПРИ НАКАТЫВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕФОРМИРУЮЩИМ ШАРОМ

Одной из наиболее распространенных конструкций опор под деформирующий шар (цилиндрический ролик) при обкатке наружных, внутренних цилиндрических и плоских поверхностей является радиальный шарикоподшипник. Однако при работе таким инструментом имеет место волнистость обработанной поверхности, а на осциллограмме виброперемещений инструмента в направлении приложения усилия деформирования отчетливо различается гармоника с частотой, в несколько раз ниже основной частоты колебательного процесса (рис. 1).

Поскольку частота этих колебаний не зависит от собственной частоты инструмента, а зависит от скорости накатывания, было сделано предположение, что причиной их возникновения является переменная жесткость опорного шарикоподшипника при