

ГЕОМЕТРИЯ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Равская Н.С., Николаенко Т.П.

(НТУУ «КПИ», г. Киев)

Геометрические параметры передней поверхности всевозможных режущих инструментов характеризуются величинами передних углов и углов наклона режущей кромки. Теория определения геометрических параметров передней поверхности разработана применительно к конкретным типам режущих инструментов. Общая теория определения геометрических параметров передней поверхности справедлива для разнообразных режущих инструментов. Она не разработана, что и решается в статической системе координат в настоящей работе.

Геометрия передней поверхности режущего инструмента характеризуется формой передней поверхности, с расположенной на ней режущей кромкой, и положением передней поверхности относительно основной плоскости P_V . Анализируя геометрические параметры в исследуемой точке режущей кромки инструмента вместо передней поверхности и плоскости P_V рассматриваются плоскости касательные к этим поверхностям. Соответственно криволинейная режущая кромка заменяется касательной прямой.

Положение передней поверхности режущей кромки на чертеже инструмента задается в инструментальной системе координат X, Y, Z , удобной для контроля и изготовления инструмента. Положение инструментальной системы координат, на одном и том же инструменте, может выбираться различным образом, что в ряде случаев позволяет упрощать решение задач анализа геометрии режущей части инструмента.

Так, например, у токарных проходных резцов положение передней плоскости может задаваться положением режущей кромки AB в системе XYZ и передним углом γ_i в инструментальной нормальной плоскости, либо величинами передних углов в продольном $\gamma_{пр}$ и поперечным $\gamma_{п}$ сечениях (рис. 1).

Процесс резания инструментом характеризуется геометрическими параметрами в статической или кинематической системах координат. Наиболее часто анализ геометрических параметров режущей части проводится в статической системе координат, так как во многих случаях кинематические геометрические параметры мало отличаются от статических.

Относительное положение основной плоскости и передней плоскости в исследуемой точке режущей кромки характеризуется передним углом γ .

Передний угол заключен между передней поверхностью и основной плоскости P_V перпендикулярной плоскости резания, то есть между передней поверхностью и нормалью N_p к плоскости резания. При прямоугольном резанием статический передний угол измеряется в плоскости, перпендикулярной режущей кромке. При косоугольном резание передние углы измеряются либо в нормальном к режущей кромке сечении – γ_n , либо в статической секущей плоскости – γ_c .

Статическая секущая плоскость $P_{тс}$ перпендикулярна плоскости резания $P_{vc} \perp P_{тс}$ [1]. Между рассматриваемыми передними углами существует известная зависимость:

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_C \cdot \cos \lambda, \quad (1)$$

где λ – угол наклона режущей кромки.

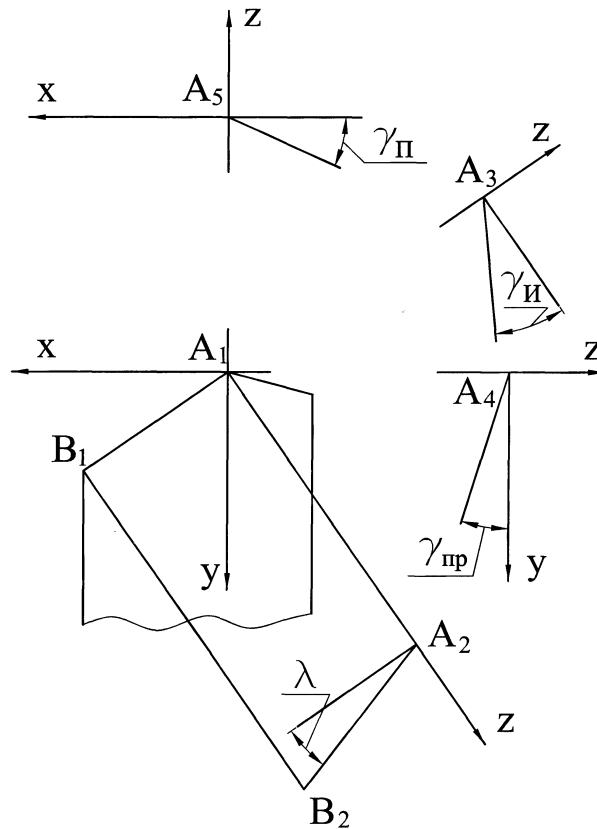


Рис. 1. Способы задания инструментальных углов

В общем случае в выбранной системе координат положение плоскости резания в исследуемой точке режущей кромки определяется вектором скорости резания \bar{V} и вектором \bar{P} , касательным к режущей кромке в рассматриваемой точке.

Для определения переднего угла в рассматриваемой точке режущей кромки воспользуемся положениями векторной алгебры.

Положение передней плоскости определяется вектором \bar{P} и вектором $\bar{\Pi}$, расположенным в передней плоскости. Положение вектора $\bar{\Pi}$ зависит от формы заданной передней поверхности. Вектор нормали \bar{N}_p к плоскости резания будет векторным произведением векторов \bar{P} и \bar{V} . В общем случае в системе XYZ векторы \bar{V} , \bar{P} и $\bar{\Pi}$ будут равны:

$$\bar{P} = iP_x + jP_y + kP_z; \quad (2)$$

$$\bar{V} = iV_x + jV_y + kV_z; \quad (3)$$

$$\bar{\Pi} = i\Pi_x + j\Pi_y + k\Pi_z. \quad (4)$$

Вектор \bar{N}_p нормали к плоскости резания будет:

$$\begin{aligned} \bar{N}_p &= [\bar{P} \cdot \bar{V}] \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ P_x & P_y & P_z \\ V_x & V_y & V_z \end{vmatrix} = \bar{i}(P_y V_z - P_z V_y) - \bar{j}(P_x V_z - P_z V_x) + \bar{k}(P_x V_y - P_y V_x) = \\ &= \bar{i}N_{px} + \bar{j}N_{py} + \bar{k}N_{pz}. \end{aligned} \quad (5)$$

Угол между нормалью \bar{N}_p к плоскости резания и нормалью \bar{N}_Π к передней плоскости будет равен $90 - \gamma_H$, где γ_H – передний угол в нормальном к режущей кромке сечении. В соответствии с этим передний угол γ_H может быть определен по соотношению

$$\operatorname{tg} \gamma_H = \frac{(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_\Pi)}{\|[\bar{N}_p \times \bar{N}_\Pi]\|}. \quad (6)$$

Вектор нормали \bar{N}_Π к передней плоскости будет:

$$\begin{aligned} \bar{N}_\Pi &= \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ P_x & P_y & P_z \\ \Pi_x & \Pi_y & \Pi_z \end{vmatrix} = \bar{i}(P_y \Pi_z - P_z \Pi_y) - \bar{j}(P_x \Pi_z - P_z \Pi_x) + \bar{k}(P_x \Pi_y - P_y \Pi_x) = \\ &= \bar{i}N_{\Pi x} + \bar{j}N_{\Pi y} + \bar{k}N_{\Pi z}. \end{aligned} \quad (7)$$

Скалярное произведение векторов \bar{N}_p и \bar{N}_Π будет равно:

$$(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_\Pi) = N_{px} \cdot N_{\Pi x} + N_{py} \cdot N_{\Pi y} + N_{pz} \cdot N_{\Pi z}. \quad (8)$$

Векторное произведение векторов \bar{N}_p и \bar{N}_Π будет равно:

$$\begin{aligned} [\bar{N}_p \times \bar{N}_\Pi] &= \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ N_{px} & N_{py} & N_{pz} \\ N_{\Pi x} & N_{\Pi y} & N_{\Pi z} \end{vmatrix} = \bar{i}(N_{py} N_{\Pi z} - N_{\Pi y} N_{pz}) - \bar{j}(N_{px} N_{\Pi z} - N_{\Pi x} N_{pz}) + \\ &+ \bar{k}(N_{px} N_{\Pi y} - N_{\Pi x} N_{py}). \end{aligned} \quad (9)$$

Модуль векторного произведения $\|[\bar{N}_p \times \bar{N}_\Pi]\|$ будет:

$$\begin{aligned} \|[\bar{N}_p \times \bar{N}_\Pi]\| &= \\ &= \sqrt{(N_{py} N_{\Pi z} - N_{\Pi y} N_{pz})^2 + (N_{px} N_{\Pi z} - N_{\Pi x} N_{pz})^2 + (N_{px} N_{\Pi y} - N_{\Pi x} N_{py})^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Тогда передний угол γ_H в нормальном к режущей кромке сечении будет равен:

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \frac{N_{px}N_{\Pi x} + N_{py}N_{\Pi y} + N_{pz}N_{\Pi z}}{\sqrt{(N_{py}N_{\Pi z} - N_{\Pi y}N_{pz})^2 + (N_{px}N_{\Pi z} - N_{\Pi x}N_{pz})^2 + (N_{px}N_{\Pi y} - N_{\Pi y}N_{py})^2}} \cdot (11)$$

Определим угол λ наклона режущей кромки. По определению угол λ измеряется в плоскости резания и заключен между режущей кромкой и основной плоскостью $P_V \perp V$, то есть между вектором \bar{P} , перпендикулярным к режущей кромке и вектором скорости резания \bar{V} . Следовательно

$$\sin \lambda = \frac{(\bar{V} \cdot \bar{P})}{|\bar{V}| \cdot |\bar{P}|} \cdot (12)$$

Скалярное произведение векторов \bar{V} и \bar{P} будет:

$$(\bar{V} \cdot \bar{P}) = P_x V_x + P_y V_y + P_z V_z \cdot (13)$$

Таким образом,

$$\sin \lambda = \frac{P_x V_x + P_y V_y + P_z V_z}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \cdot \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}} \cdot (14)$$

Полученные формулы справедливы для определения как статических, так и кинематических углов.

Для доказательств идентичности предлагаемого метода расчета геометрических параметров и метода, изложенного в работе [2], проанализируем параметры передней поверхности сверла (рис. 2).

В системе XYZ вектор \bar{P} , идущий по режущей кромке, будет:

$$\bar{P} = \bar{i} \operatorname{tg} \mu + \bar{j} \operatorname{ctg} \varphi_c - \bar{k},$$

где $\operatorname{tg} \varphi_c = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \mu$ [2];

$$\bar{V} = \bar{i}$$

Вектор $\bar{\Pi}$, идущий по касательной к передней винтовой поверхности в исследуемой точке B режущей кромки, будет:

$$\bar{\Pi} = \bar{i} \operatorname{tg} \omega_x + \bar{j}.$$

Подставляя координаты векторов \bar{P} и \bar{V} в общую формулу для подсчета угла наклона режущей кромки, будем иметь:

$$\sin \lambda = \frac{\operatorname{tg} \mu}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \mu + \operatorname{ctg}^2 \varphi_c + 1}} \cdot$$

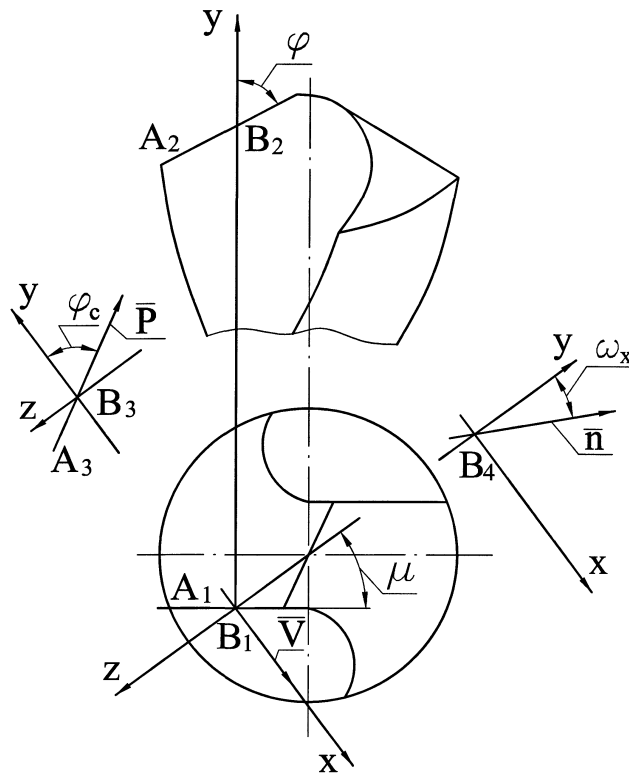


Рис. 2. Геометрия передней поверхности сверла

Отсюда

$$\cos \lambda = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu \cdot \sin^2 \varphi_c}};$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \mu \cdot \sin \varphi_c.$$

Подставляя координаты векторов \bar{P} , \bar{V} , $\bar{\Pi}$ в общие зависимости (5) и (7), определяем вектора нормали \bar{N}_p к плоскости резания и \bar{N}_Π к передней плоскости.

Статический передний угол в нормальном к режущей кромке сечении, найденный по зависимости (14), будет:

$$\operatorname{tg} \gamma_H = \frac{(\operatorname{tg} \omega_x - \operatorname{tg} \mu \cdot \operatorname{ctg} \varphi_c + \operatorname{tg} \omega_x \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_c) \sin \varphi_c}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu \cdot \sin^2 \varphi_c}}.$$

Согласно (1) статический передний угол будет:

$$\operatorname{tg} \gamma_c = \frac{\operatorname{tg} \gamma_N}{\cos \lambda} = \frac{\frac{(\operatorname{tg} \omega_x - \operatorname{tg} \mu \cdot \operatorname{ctg} \varphi_c + \operatorname{tg} \omega_x \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_c) \sin \varphi_c}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu \cdot \sin^2 \varphi_c}}}{\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu \cdot \sin^2 \varphi_c}}}.$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \gamma_c = \operatorname{tg} \omega_x \cdot \sin \varphi_c - \operatorname{tg} \mu \cdot \cos \varphi_c + \operatorname{tg} \omega_x \cdot \frac{\cos^2 \varphi_c \cdot \sin \varphi_c}{\sin^2 \varphi_c}.$$

Преобразуя, получим:

$$\operatorname{tg} \gamma_c = \frac{\operatorname{tg} \omega_x}{\sin \varphi_c} - \operatorname{tg} \mu \cdot \cos \varphi_c,$$

что соответствует зависимостям, полученным в работе [2].

Выводы

В работе приведен метод расчета геометрических параметров передней поверхности режущего инструмента в общем виде с использованием векторной алгебры. Доказана идентичность зависимостей, полученных различными методами расчета. Оба метода, основанных как на графическом построении, так и на применении векторной алгебры, могут быть использованы в равной степени. Предпочтительность того или иного метода определяется целью исследования, конструкцией инструмента и совокупностью движений, совершаемых инструментом.

Список литературы: 1. ГОСТ 25762-83 Обработка резанием || Термины, определения и обозначения общих понятий. – М.: ГК СССР по стандартам, 1983. – 41 с. **2.** Равская Н.С., Николаенко Т.П., Мельничук Л.С. Общая теория определения геометрических параметров инструмента// Надежность инструмента и оптимизация технологических систем, Краматорск, 2003. **3.** Родин П.Р. Геометрия режущей части спирального сверла. – К.: Техника, 1971. – 135 с.

ГЕОМЕТРИЯ ПЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХНІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Равська Н.С., Ніколаєнко Т.П.

У роботі приведений метод розрахунку геометричних параметрів передньої поверхні різального інструмента у загальному вигляді з використанням векторної алгебри. Доведено ідентичність залежностей, які отримані різними методами розрахунку.

ГЕОМЕТРИЯ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Равская Н.С., Николаенко Т.П.

В работе приведен метод расчёта геометрических параметров передней поверхности режущего инструмента в общем виде с использованием векторной алгебры. Доказана идентичность зависимостей, полученных различными методами расчёта.

GEOMETRY OF FRONT SURFACE OF CUTTING TOOL

Ravskaya N.S., Nikolayenko T.P.

Method of calculation of geometrical parameters of front surface of cutting tool is aduced in general form using vector algebra. The identity of dependencies obtained by different methods of calculation is proved.