

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ТОКАРНЫХ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ С СМП

Кравцов Максим Александрович

*Магистрант 6 курса,
Российская Федерация, г.Томск, Томский Политехнический Университет,
кафедра «ТАМП»*

Научный руководитель: Сергей Иванович Петрушин
Доктор технических наук, профессор кафедры «ТАМП»

При проектировании специализированных конструкций сборных металлорежущих инструментов с механическим креплением сменных многогранных пластин (СМП) возникает задача расчета углов ориентации режущей пластины в корпусе. Существует два основных способа ориентации СМП в корпусе сборного инструмента:

- с помощью фронтального и профильного углов наклона;
- путем задания положения плоскости наибольшего наклона СМП и угла наибольшего наклона.

Второй способ появился исторически первым на резцах конструкции ВНИИинструмента, однако в настоящее время он применяется сравнительно редко. Большее распространение получил первый способ в связи с тем, что именно он применяется в системах ЧПУ обрабатывающих центров для фрезерования гнезд корпуса инструмента под пластину.

На рис.1 представлена СМП токарного резца в инструментальной системе координат (ИСК) $x_{и}y_{и}z_{и}$. Пластина в общем случае имеет сложную форму в плане, пространственную кривую режущей кромки, задние углы и стружечные канавки. Начало ИСК помещено в вершину СМП – точку O . В соответствии с определением [1] плоскость $x_{и}Oy_{и}$ (инструментальная основная плоскость $P_{Vи}$) параллельна основанию режущей пластины, а ось $Oz_{и}$ - перпендикулярна к ней.

Рассмотрим геометрию для произвольной точки A главной режущей кромки (см. рис.1) и проведем через нее две координатные плоскости, перпендикулярные в $P_{Vи}$:

$P_{ти}$ - инструментальная плоскость резания, касательная к проекции режущей кромки на плоскость $P_{Vи}$;

$P_{ни}$ - инструментальная главная секущая плоскость, нормальная к проекции профиля режущей кромки на плоскость $P_{Vи}$.

В результате получим следующие геометрические параметры СМП в ИСК, характеризующие геометрию лезвия в точке А:

$\varphi_{и}^A$ - инструментальный главный угол в плане: угол между плоскостью $P_{ти}$ и осью $Ox_{и}$;

$\lambda_{и}^A$ - инструментальный угол наклона режущей кромки: угол между касательной к режущей кромке и инструментальной основной плоскостью $P_{ви}$ (на рис.1 $\lambda_{и}^A < 0$);

$\alpha_{и}^A$ - инструментальный главный задний угол: угол между инструментальной плоскостью резания $P_{ти}$ и задней поверхностью СМП;

$\gamma_{и}^A$ - инструментальный главный передний угол: угол между инструментальной основной плоскостью $P_{ви}$ и касательной к передней поверхности СМП, проведенной через вершину лезвия (точку А);

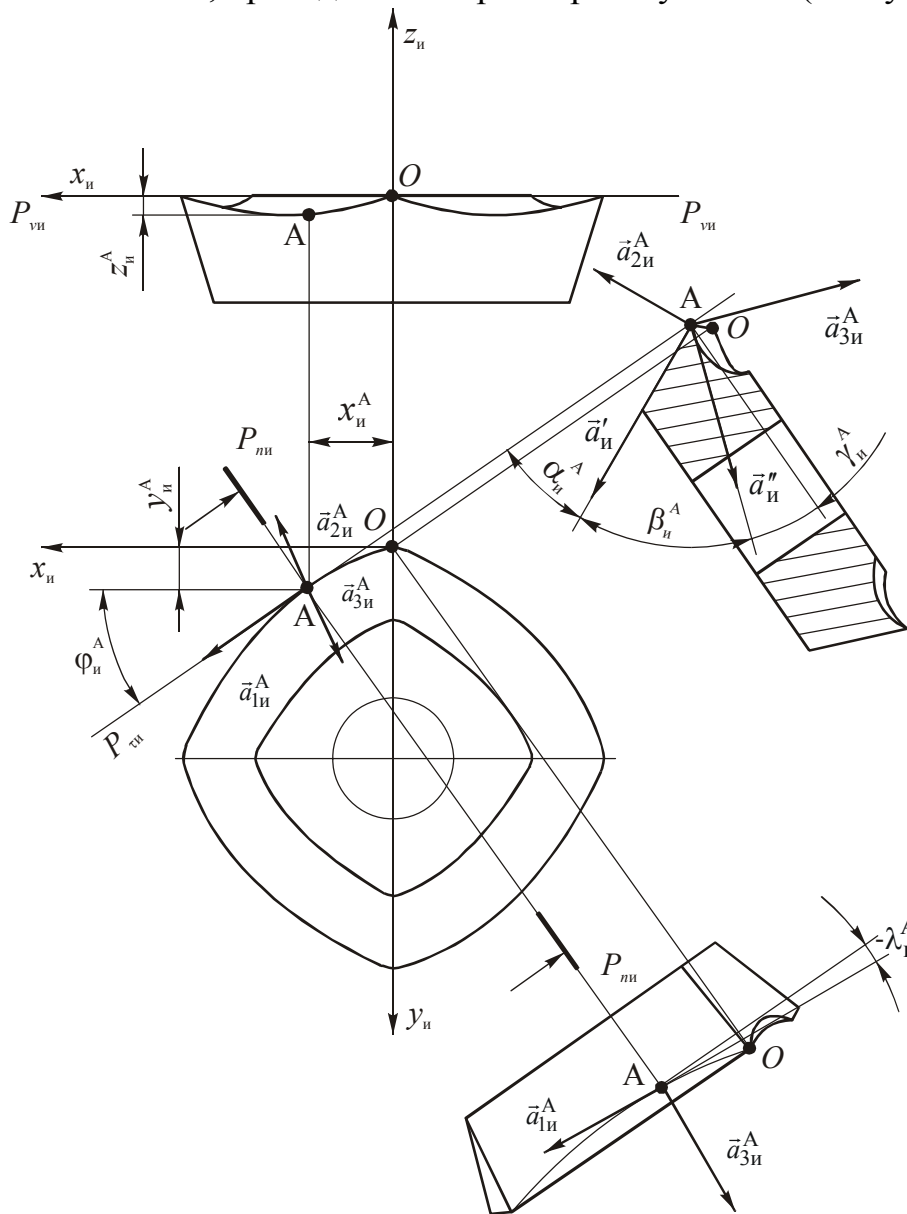


Рис. 1 СМП сборного резца в инструментальной системе координат

$\beta_{и}^A$ - инструментальный главный угол заострения: угол между главной задней и передней поверхностями СМП.

Указанные углы совместно с инструментальными координатами $x_{и}^A, y_{и}^A, z_{и}^A$ точки А являются исходными данными для расчета геометрии сборных резцов с СМП в статической системе координат.

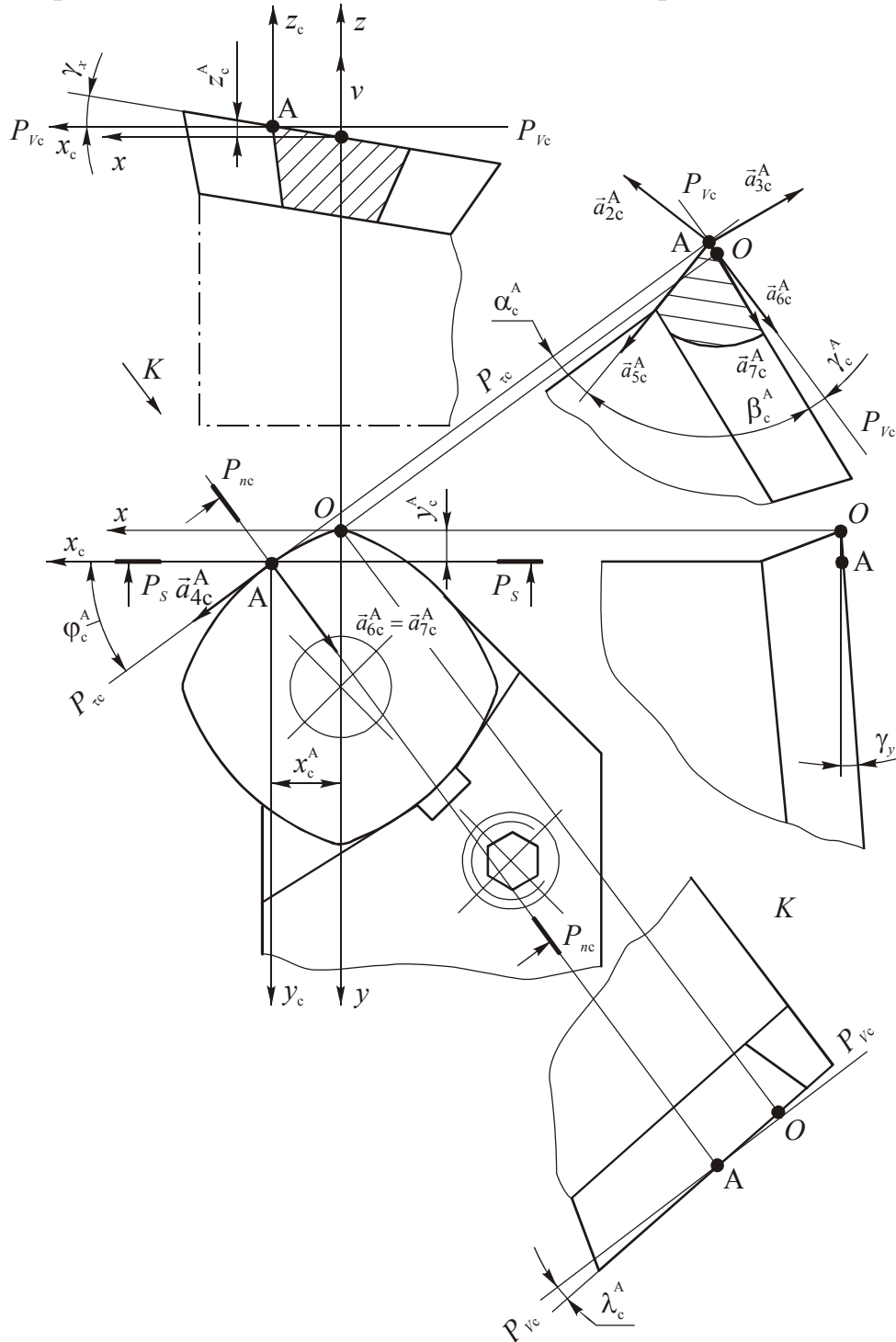


Рис. 2 Резец с механическим креплением СМП в статической системе координат

На рис.2 показан сборный проходной токарный резец с фасонной четырехгранной СМП в статической системе координат (ССК), оси которой x_c^A, y_c^A, z_c^A проведены путем параллельного переноса станочной

системы координат x_{yz} из точки O в точку A . Для наглядности изображения СМП имеет плоскую переднюю поверхность, параллельную основанию.

Углы ориентации режущей пластины в корпусе резца заданы значениями γ_x и γ_y (на рис.2 показаны положительные значения этих углов).

Необходимо по известной форме СМП и ряду заданных геометрических параметров сборного резца определить углы ориентации пластины в гнезде корпуса. При этом в ССК обычно задаются требуемые значения главного угла в плане φ_c , угла наклона режущей кромки λ_c и главного переднего угла γ_c .

В случае прямолинейного главного лезвия эти исходные углы определяют геометрию на главной режущей кромке инструмента. Задача имеет однозначное решение для плоской передней поверхности СМП, параллельной основанию ($\lambda_c=0$). Здесь после поворота статической системы координат на углы $-\gamma_x$ и $-\gamma_y$ нормаль к передней поверхности должна быть направлена по оси $Oz_{ин}$ инструментальной системы координат.

В ССК вектор \vec{a}_{3c} , нормальный к передней поверхности сборного резца, имеет следующие координаты:

$$\cos\beta_x = -(\cos\lambda_c \sin\gamma_c \sin\varphi_c + \sin\lambda_c \cos\gamma_c \cos\varphi_c) \cdot \sqrt{1 - \sin^2\lambda_c \sin^2\gamma_c}; \quad (1)$$

$$\cos\beta_y = (\cos\lambda_c \sin\gamma_c \cos\varphi_c - \sin\lambda_c \cos\gamma_c \sin\varphi_c) \cdot \sqrt{1 - \sin^2\lambda_c \sin^2\gamma_c}; \quad (2)$$

$$\cos\beta_z = \cos\lambda_c \cos\gamma_c \cdot \sqrt{1 - \sin^2\lambda_c \sin^2\gamma_c}. \quad (3)$$

Он же, в ИСК, в соответствии с формулами преобразования координат [1], определится выражением

$$\begin{aligned} \vec{a}_{3ин} = & (\cos\beta_x \cos\gamma_x - \cos\beta_y \sin\gamma_x \sin\gamma_y + \cos\beta_z \sin\gamma_x \cos\gamma_y) \cdot \vec{i}_{ин} + \\ & + (\cos\beta_y \cos\gamma_y + \cos\beta_z \sin\gamma_y) \cdot \vec{j}_{ин} + \\ & + (-\cos\beta_x \sin\gamma_x - \cos\beta_y \cos\gamma_x \sin\gamma_y + \cos\beta_z \cos\gamma_x \cos\gamma_y) \cdot \vec{k}_{ин}. \end{aligned} \quad (4)$$

Согласно вышесказанному, в ИСК для (4) должны одновременно выполняться следующие условия:

$$\begin{cases} \cos\beta_x \cos\gamma_x - \cos\beta_y \sin\gamma_x \sin\gamma_y + \cos\beta_z \sin\gamma_x \cos\gamma_y = 0; \\ \cos\beta_y \cos\gamma_y + \cos\beta_z \sin\gamma_y = 0; \\ -\cos\beta_x \sin\gamma_x - \cos\beta_y \cos\gamma_x \sin\gamma_y + \cos\beta_z \cos\gamma_x \cos\gamma_y = 1. \end{cases} \quad (5)$$

Если в (5) умножить первое уравнение на $\sin\gamma_x$, а третье – на $\cos\gamma_x$ и сложить их, то получим систему двух уравнений:

$$\begin{cases} -\cos\beta_y \sin\gamma_y - \cos\beta_z \cos\gamma_y = \cos\gamma_x; \\ \cos\beta_y \cos\gamma_y + \cos\beta_z \sin\gamma_y = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Выразим в (6) $\cos\gamma_y$ и $\sin\gamma_y$ через $\operatorname{tg}\gamma_y$ и преобразуем:

$$\begin{cases} -\cos\beta_y \operatorname{tg}\gamma_y + \cos\beta_z = \cos\gamma_x \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\gamma_y}; \\ \cos\beta_y + \cos\beta_z \operatorname{tg}\gamma_y = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Система уравнений (7) имеет следующее решение:

$$\operatorname{tg}\gamma_y = -\frac{\cos\beta_y}{\cos\beta_z}; \quad (8)$$

$$\cos\gamma_x = \sqrt{\cos^2\beta_y + \cos^2\beta_z}, \quad (9)$$

которое позволяет рассчитывать искомые углы ориентации гнезда корпуса резца под СМП. Значения $\cos\beta_y$ и $\cos\beta_z$ берутся из формул (2) и (3).

Также определим ориентацию СМП в плоскости $x_{\text{И}}Oy_{\text{И}}$, задаваемую главным $\varphi_{\text{И}}$ и вспомогательным $\varphi_{1\text{И}}$ углами в плане в ИСК. Заметим, что вектор \vec{a}_1 , касательный к главной режущей кромке в ССК, будет также касателен к ней в ИСК. Он равен:

$$\begin{aligned} \vec{a}_{1\text{И}} = & (\cos\lambda_c \cos\varphi_c \cos\gamma_x - \cos\lambda_c \sin\varphi_c \sin\gamma_x \sin\gamma_y + \\ & + \sin\lambda_c \sin\gamma_x \cos\gamma_y) \cdot \vec{i}_{\text{И}} + (\cos\lambda_c \sin\varphi_c \cos\gamma_y + \sin\lambda_c \sin\gamma_y) \cdot \vec{j}_{\text{И}} + \\ & + (-\cos\lambda_c \cos\varphi_c \sin\gamma_x - \cos\lambda_c \sin\varphi_c \cos\gamma_x \sin\gamma_y + \sin\lambda_c \cos\gamma_x \cos\gamma_y) \cdot \vec{k}_{\text{И}}. \end{aligned} \quad (10)$$

С другой стороны, при $\lambda_{\text{И}} = 0$ имеем

$$\vec{a}_{1\text{И}} = \cos\varphi_{\text{И}} \cdot \vec{i}_{\text{И}} + \sin\varphi_{\text{И}} \cdot \vec{j}_{\text{И}}. \quad (11)$$

Приравняв соответствующие координаты в (10) и (11) и преобразовав, получим формулу для расчета главного угла в плане ИСК:

$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{И}} = \frac{\sin\varphi_c \cos\gamma_y + \operatorname{tg}\lambda_c \sin\gamma_y}{\cos\varphi_c \cos\gamma_x - \sin\varphi_c \sin\gamma_x \sin\gamma_y + \operatorname{tg}\lambda_c \sin\gamma_x \cos\gamma_y}. \quad (12)$$

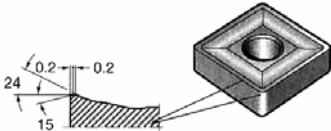
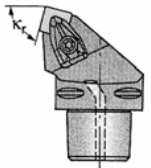
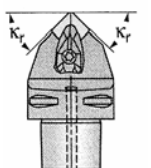
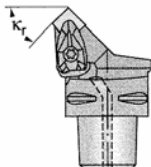
Очевидно, что вспомогательный угол в плане в ИСК определится выражением:

$$\varphi_{1\text{И}} = \pi - \varphi_{\text{И}} - \varepsilon_{\text{И}}, \quad (13)$$

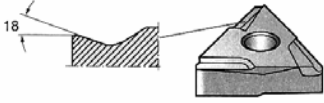
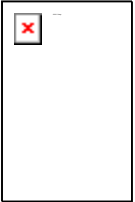
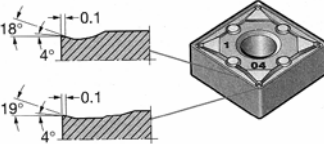
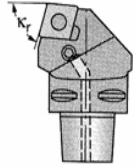
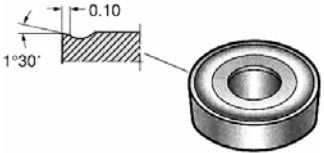
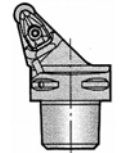
где $\varepsilon_{\text{И}}$ - угол при вершине СМП.

В таблице 1 приведены результаты решения задачи геометрического анализа для типовых конструкций резцов с механическим креплением СМП общего назначения, фирмы Sandvik Coromant. Исходные данные взяты из соответствующих каталогов, в которых задается положение главной режущей кромки резца главным углом в плане γ_x , передним углом на опорной поверхности гнезда корпуса резца под СМП γ_y .

Таблица 1

Вид пластины	Вид инструмента	Геометрические параметры сборных резцов с СМП															
		Исходное положение			Углы в ИСК			Углы ориентации			Расчетные углы						
		φ_c^*	γ_c	λ_c	$\gamma_{И}$	$\alpha_{И}$	$\lambda_{И}$	γ_x	γ_y	$\varphi_{И}$	α_c	γ_c	$\varphi_{1И}$	$\varphi_{1С}$	$\alpha_{1С}$	$\lambda_{1С}$	$\gamma_{1С}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17	18	12	16	13	15	14
SNMG SNMM 19 06 16-31 	DSRNR $\kappa_r 75^\circ$ 	75°	-6°	6°	24°	0°	0°	-4,26°	7,34°	74,32°	3,12°	16,24°	15,68°	15,25°	0,32°	5,98°	16,42°
	DSDNN $\kappa_r 45^\circ$ 	45°	-6°	6°	24°	0°	0°	-0,63°	8,46°	44,05°	6,51°	15,88°	45,95°	45,01°	0,73°	5,53°	16,83°
	DSSNR $\kappa_r 45^\circ$ 	45°	-8°	0°	24°	0°	0°	-5,65°	5,68°	45,28°	7,96°	14,58°	44,72°	45,00°	1,11°	0,04°	21,60°

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	17	18	12	16	13	15	14
<p>TNMG</p> <p>TNMG 16 04 04 R-K</p> 	<p>DTTNR</p> 	60°	-6°	6°	18°	0°	0°	-2,27°	8,17°	59,20°	5,33°	11,23°	60,80°	60,01°	2,74°	5,94°	15,06°
<p>CNMG</p> <p>CNMG 12 04 08</p> 	<p>PCRR</p> <p>κ_r 75°</p> 	75°	-6°	6°	18°	0°	0°	-4,26°	7,34°	74,32°	3,12°	11,27°	5,68°	3,69°	0,55°	5,39°	9,80°
<p>RNMG</p> <p>RNMG 12 04 00</p> 	<p>DRSNR</p> 	0°											0°	0°	0°	-5,97°	-4,44°
													15°	14,82°	-0,01°	-5,97°	-2,68°
													30°	29,61°	-0,01°	-5,97°	-0,66°
													45°	44,43°	-0,02°	-5,97°	1,51°
		15°	-6°	6°	1°30'	0°	0°	-4,26°	7,34°	14,58°	11,24°	-6,65°	-	-0,22	-0,22°	-2,19°	-5,80°
		30°						-2,27°	8,17°	29,15°	9,11°	-6,73°	-	-0,53	0°	2,13°	-6,66°
		45°						-0,63°	8,46°	44,05°	6,51°	-5,0°	-	-0,79	0,52°	5,53°	-6,95°
		60°						-2,27°	8,17°	59,20°	5,33°	-4,60°	-	-0,53	1,48°	5,94°	-6,66°
		75°						-4,26°	7,34°	74,32°	3,12°	-4,56°	-	-0,22	1,55°	5,98°	-5,80°

Список литературы:

1. Петрушин С.И., Баканов А.А., Махов А.В. Геометрический анализ конструкций сборных режущих инструментов со сменными многогранными пластинами. – Томск.: Изд-во ТПУ, 2008.-101с.