

УДК 621.9.015

А. С. Мановицкий, канд. техн. наук

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ СРЕЗА И ДЛИНЫ РЕЖУЩИХ КРОМОК ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ КРУГЛЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ ПКНБ ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ

Приведены методы расчета длины режущих кромок и максимальной толщины среза при использовании круглых осесимметричных конических сменных режущих пластин из поликристаллического кубического нитрида бора с постоянными передними и задними углами для оснащения чистовых резцов при точении закаленной стали. Представлены конструкции сменных режущих пластин и результаты практической проверки применения инструментов.

Ключевые слова: *поликристаллический кубический нитрид бора, симметричные конические сменные пластины инструментов, чистовое точение, длина режущей кромки, максимальная толщина среза, передний угол, задний угол.*

Правильный выбор инструментального материала, конструкции инструмента и технологических параметров процесса резания определяют высокую производительность точения деталей из закаленных сталей и стабильно высокую размерную стойкость резцов. Механическое закрепление режущих пластин типа RNUN 070300 из поликристаллического кубического нитрида бора (ПКНБ) – киборита, борсинита, гетеронита и других известных марок, разработанных и изготавливаемых в Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, позволяет существенно повысить производительность обработки и обеспечить высокое качество обработанной поверхности при точении закаленных сталей.

Исходя из результатов многочисленных экспериментов, литературных данных и с учетом того, что обрабатываются изделия из труднообрабатываемых материалов, а также условий прочности режущего клина установлено, что передний угол на режущей пластине отрицательный.

На криволинейных участках детали сложного профиля вершина резца перемещается как по образующей профиля, так и непосредственно по режущей кромке. При этом должно соблюдаться условие неизменности передних и задних углов резца в каждой точке образующей поверхности вращения. Это невозможно соблюсти при точении негативными пластинами, фиксированные передний и задний углы, а также угол наклона режущей кромки которых обеспечиваются конструкцией державки; при этом передняя поверхность пластины является торцевой плоскостью цилиндра.

При этом действительные передние углы в левом и правом положениях (рис. 1) зависят от центрального угла пластины, определяемого ее положением на криволинейном контуре детали, и рассчитываются по формуле:

$$\gamma(\delta) = -\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\gamma_0 \cos\delta)$$

где γ_0 – конструктивно заданный передний угол резца;

$\gamma(\delta)$ – кинематический передний угол в зависимости от центрального угла пластины; δ – центральный угол пластины.

Соответственно действительные задние углы также зависят от центрального угла и определяются по формуле:

$$\alpha(\delta, \alpha_0) = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha_0 \cos\delta)$$

где α_0 – конструктивно образованный задний угол резца; $\alpha(\delta)$ – кинематический задний угол в зависимости от центрального угла пластины.

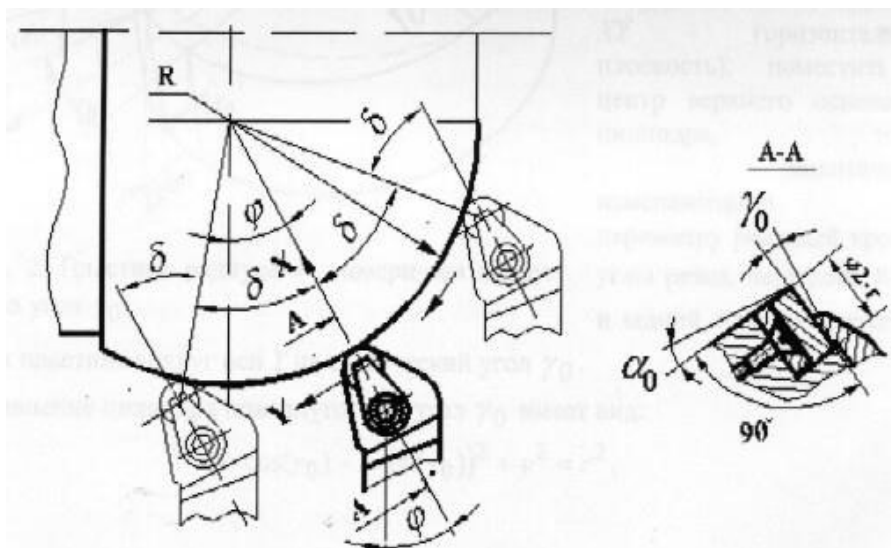


Рис. 1. Схема для определения положения вершины резца на контурной линии детали

Ограничением по назначению центрального угла δ в случае применения цилиндрических режущих пластин типа RNMN является нулевое значение заднего угла в точке контакта режущей кромки с образующей контура обрабатываемой детали. Применение таких пластин и конструкций резцов в промышленных масштабах вызвало необходимость определения эффективной длины режущих кромок, для чего предлагаются достаточно сложные модели, позволяющие с достаточной для практического применения точностью рассчитывать длину эффективной режущей кромки и толщину среза. Наиболее применимы модели предложили зарубежные исследователи Янг и Оксли, Колвелл и Ванг, [1–3] отечественные ученые также предлагают подобные модели.

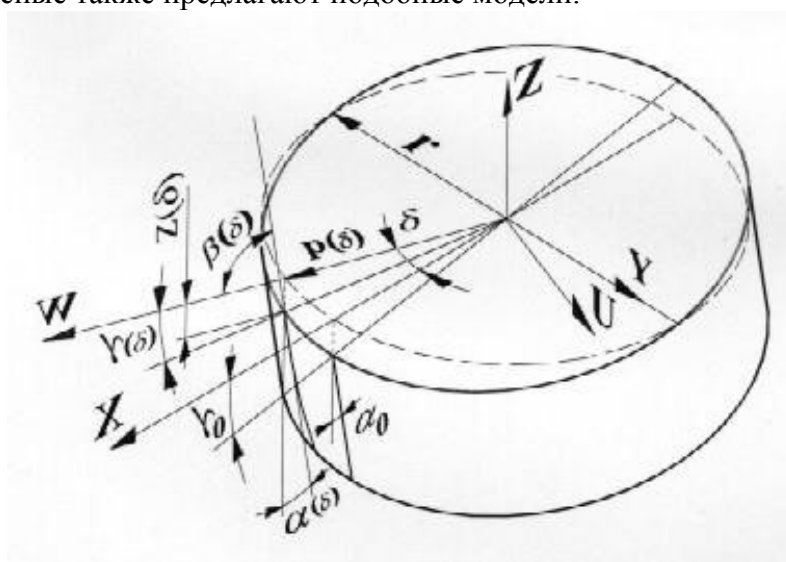


Рис. 2. Схема для расчета допустимых переднего и центрального углов

В частности, Проволоцкий и Лещенко [4] центральный угол пластины находят по специально предложенной номограмме, а эффективную длину L режущей кромки круглой режущей пластины, установленной конструктивно с передним углом, равным по модулю заднему углу – $\gamma = \alpha$, рассчитывают по следующей зависимости от центрального угла δ и радиуса пластины r :

$$L = 2\delta r .$$

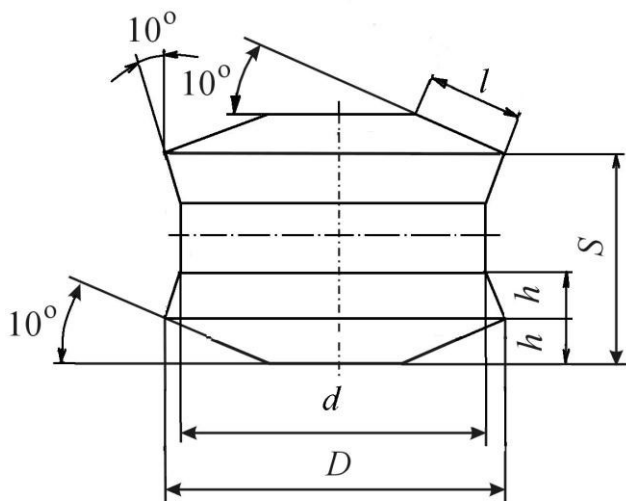


Рис. 3. Эскиз осесимметричной режущей пластины из ПКНБ двусторонней с конической передней поверхностью

Для обеспечения постоянства указанных углов в процессе контурного точения независимо от центрального угла пластины разработали специальная осесимметричную коническую режущую пластину из ПКНБ с задними углами и двумя режущими кромками (рис. 3) [5].

Суммарная длина режущих кромок никак не зависит от центрального угла пластины кинематически, а ограничения на величину этого угла накладывают только конструктивные особенности державки и крепежных элементов реза.

Толщину среза и длину режущих кромок на цилиндрической части сложнопрофильной детали можно определить по схеме для расчета максимальной толщины среза и длины режущих кромок при точении резцом, оснащенный круглой пластиной радиуса r

и постоянными передним и задним углами по всей длине режущей кромки в зависимости от радиуса пластины, глубины резания и продольной подачи на цилиндрическом участке сложнопрофильной детали, (рис. 4).

Как следует из построений на рис. 4, максимальную толщину среза можно рассчитать по следующему уравнению

$$a_m = r - r_1 \text{ и } r_1 = r \sqrt{(r-t)^2 + x^2} = \sqrt{(r-t)^2 - S^2 + (\sqrt{r^2 - (r-t)^2})^2}$$

или после преобразований

$$r_1 = r \sqrt{1 - \frac{2S}{r^2} \sqrt{2rt - t^2} + \frac{S^2}{r^2}}$$

где r – радиус пластины; S – продольная подача; t – глубина резания.

Следовательно, максимальная толщина среза

$$a_m = r \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2S}{r^2} \sqrt{2rt - t^2} + \frac{S^2}{r^2}} \right)$$

Считая отношение S^2/R^2 – пренебрежимо малым и раскладывая полученное выше выражение в ряд, получаем

$$a_m \approx 2S \sqrt{\left(1 - \frac{t}{d}\right) \frac{t}{d}}$$

где $d = 2r$.

Длину контакта режущих кромок с обрабатываемым материалом за один оборот детали рассчитаем по формуле

$$b_1 + b = r \cdot \Theta_1 = r \cos^{-1} \left(\frac{r-t}{r} \right) = \frac{d}{2} \cos^{-1} \left(\frac{d-2t}{d} \right).$$

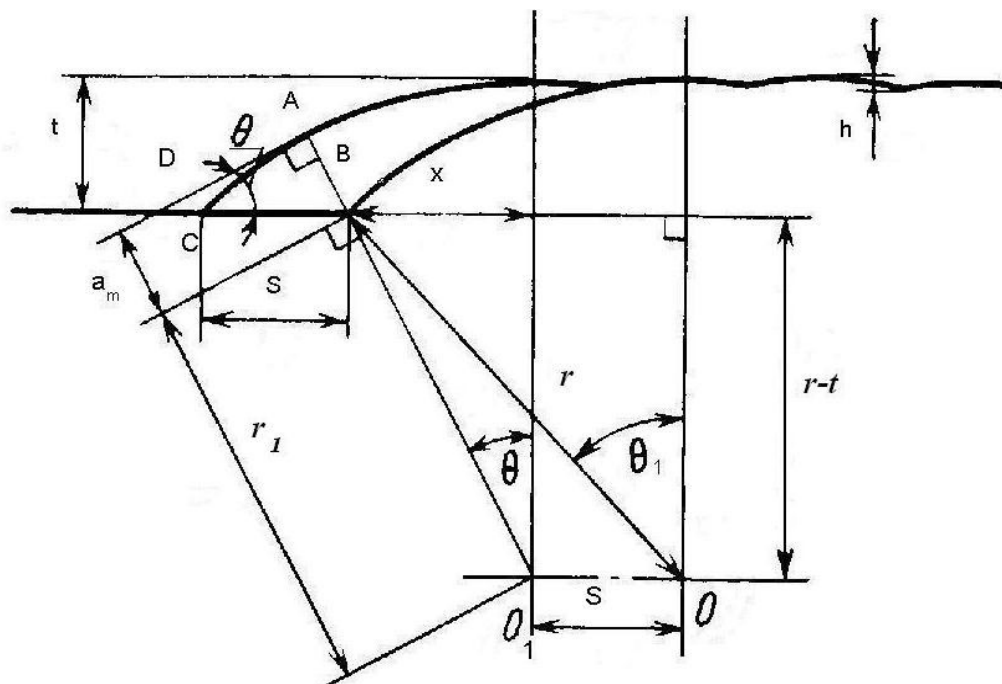


Рис 4. Схема к расчету максимальной толщины среза на цилиндрической части сложнопрофильной детали

При условии, что $d \gg t$ формулу для расчета максимальной толщины среза можно существенно упростить:

$$a_m \approx 2S \sqrt{\frac{t}{d}}$$

Заменяя для малых углов $\cos \Theta_1$ на Θ_1 , а также приравнивая к $(d - 2t)/d$, имеем

$$\Theta \approx 2 \sqrt{\frac{t}{d}},$$

тогда

$$b_1 + b \approx r \cdot \Theta_1 \approx \sqrt{t \cdot d}. \quad (2)$$

В таблице приведены рассчитанные по выше приведенным формулам и измеренные данные по значениям суммарных длин контакта кромок круглой режущей пластины диаметром 7 мм из киборита с передним углом $\gamma = -10^\circ$ при точении закаленной стали ШХ15 твердостью 58–62 HRC со скоростью резания 75 м/мин, приведены в таблице.

Подача, S, мм/об	Глубина резания, t, мм	Толщина среза, мм		Сумма длин режущих кромок, мм	
		Расчет по формуле (1)	Расчет по формуле (2)	Расчет по формуле (2)	Замер
0,08	0,1	0,019	0,837	0,837	0,8
	0,3	0,033	1,449	1,449	1,0
	0,5	0,043	1,871	1,871	1,65
0,19	0,1	0,045	0,837	0,837	-
	0,3	0,079	1,449	1,449	1,60
	0,5	0,102	1,871	1,871	1,80
0,38	0,1	0,090	0,837	0,837	0,9
	0,3	0,157	1,449	1,449	1,65
	0,5	0,203	1,871	1,871	1,90

Расчеты производили при усадке стружки 3,433 для угла $\gamma = -10^\circ$.

Результаты сравнительного анализа данных показали хорошую сходимость расчетных и измеренных значений длины контакта для больших сечений среза и довольно большое расхождение данных при малой толщине среза. Большая разница полученных расчетных и измеренных величин, наблюдаемая при малых подачах, объясняется влиянием радиуса округления режущей кромки на действительное значение переднего угла резца, которое фактически будет более отрицательным, нежели статические углы заточки резца. Кроме того, при точении резцом с острой кромкой довольно быстро происходит приработочный износ и исходная режущая кромка интенсивно округляется.

Для упрочнения режущих кромок инструмента в особо трудных условиях эксплуатации, например, при прерывистом резании или точении с ударом, на передних поверхностях режущих элементов формируют отрицательную упрочняющую фаску или же притупляют острую режущую кромку.

Наведено методи розрахунку довжини різальних кромок і максимальної товщини зрізу при використанні круглих осесиметричних конічних змінних різальних пластин із полікристалічного кубічного нітриду бору з постійними передніми та задніми кутами для оснащення чистових різців при точінні загартованої сталі. Надано конструкції змінних різальних пластин та результати практичної перевірки застосування інструментів.

Ключові слова: полікристалічний кубічний нітрид бору, осесиметричні конічні змінні різальні пластин інструментів, чистове точіння, довжина різальної кромки, максимальна товщина зрізу, передній кут, задній кут.

The calculation methods of cutting edge length and maximal undeformed chip thickness when using round cubic polycrystalline Boron Nitride axial symmetric helical cutting inserts with constant normal cutting angle and inclination angle for equipping of cutters for final turning of hardened steel are described in the article. The constructions of cutting insert as well as practical verification of tools application are presented.

Key words: polycrystalline cubic Boron Nitride, symmetric helical cutting insert tools, final turning, cutting edge length, normal cutting angle, inclination angle.

Литература

1. Young, H.T. and P. Mathew, P.L.B. Oxley (1987). Allowing for nose radius effects in predicting the chip flow direction and cutting forces in bar turning. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Vol. 201 (C3). – P. 213–226.
2. Colwell, L.V. (1954). Predicting the angle of chip flow for single point cutting tools. Transactions of ASME. Vol. 74. – P. 199–204
3. Wang, J. (2001). Development of a chip flow model for turning operations. Int. Journal of Machine Tools and Manufacture. Vol. 41– P. 1265–1274.
4. Проволоцький О.С., Лещенко О.І. Підвищення точності обробки поверхонь складного профілю на основі корекцій програмної траєкторії різців з пластинами круглої форми // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Вип. 6 (154). – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – С. 107–117.
5. Різальна пластина. Деклараційний пат. на корисну мод. № 79108. С.А. Клименко, О.С. Мановицький, В.В. Бурикін та ін. // Промислова власність.– 2013.– № 7.

Поступила 17.06.14