

УДК 621.914.2

Ю.С. Краснощек, канд. техн. наук, Харьков, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА ПРИ СВОБОДНООБКАТНОМ РЕЗАНИИ

Встановлені геометричні параметри різальних інструментів при вільнообкатуваному різанні, що дає змогу вибору оптимальних умов обробки.

Установлены геометрические параметры режущих инструментов при свободнообкатном резании, что дает возможность выбора оптимальных условий обработки

Set geometrical parameters of cuttings instruments at the vil'noobka-tuvanomu cutting which enables the choice of optimum terms of treatment.

Постановка проблемы. Свободнообкатное резание является высокоэффективным методом финишной обработки [1, 2, 3]. Этот метод позволяет с высокой точностью и низкой шероховатостью получать сложнопрофильные поверхности. При выборе условий обработки важным этапом является выбор геометрических параметров инструмента.

Анализ исследований и публикаций. Для свободнообкатного резания используются чашечные резцы круглой и других форм, которые имеют собственные геометрические параметры. При этом следует иметь в виду, что в отличие от традиционных методов лезвийной обработки (точение, фрезерование и др.) фактические геометрические параметры инструментов как статические, так и кинематические будут существенно отличаться от исходных вследствие специфики процесса резания.

Особенности свободнообкатной обработки связаны, прежде всего, с отличием кинематики резания [2, 3]. В литературных источниках отсутствуют данные о геометрических параметрах инструментов при свободнообкатном резании.

Целью работы является установление статических геометрических параметров инструментов при свободнообкатном резании в соответствии с ГОСТ 25762-83 [4].

Изложение основного материала. Для определения геометрических параметров свободнообкатного инструмента устанавливаем поверхности на обрабатываемых заготовках, элементы резца и координатные плоскости.

В процессе резания на заготовке различают следующие поверхности: обрабатываемую, обработанную и поверхность резания [5]. Обрабатываемая поверхность 1 (рис. 1) удаляется в результате обработки. Обработанная

поверхность 2 получается на заготовке после срезания припуска. Поверхностью резания называют промежуточную или переходную поверхность, временно существующую в процессе резания между обрабатываемой и обработанной поверхностями. Эта поверхность образуется режущей кромкой инструмента в процессе реализации главного и податочного движений.

При свободнообкатном резании в первом приближении можно считать, что поверхность резания 3 представляет собой часть круговой поверхности. Она образуется режущей кромкой 6 круговой формы при ее равномерном поступательном перемещении со скоростью подачи V_S и равномерном вращательном движении заготовки ω_3 . В отличие, например, от точения, здесь поверхность резания не касательная к вектору скорости резания, а может составлять с ним угол, близкий к 90° .

Свободнообкатной режущий инструмент, представляющий собой тело вращения, устанавливается в шпинделе инструментального приспособления и состоит из головки резца длиной L_1 и хвостовика длиной L_2 (рис. 1). Режущая часть головки образуется специальным профилированием при заточке и имеет в соответствии с ГОСТом 25762-83 следующие рабочие поверхности и элементы:

- переднюю поверхность 4, контактирующую в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой;
- заднюю поверхность 5, контактирующую в процессе резания с обработанной поверхностью;
- режущую кромку 6, производящую основную работу резания, образованную пересечением передней и задней поверхностей резца.

По сравнению с традиционным лезвийным, свободнообкатной инструмент имеет следующие геометрические особенности: в общепринятом понятии отсутствует вершина резца, имеется необычное геометрическое расположение угла наклона главной режущей кромки, связанное с нетрадиционной конструкцией режущего инструмента и кинематикой процесса резания. Особенностью профилирования свободнообкатного инструмента является то, что здесь необходима корректировка инструментального профиля с учётом угла V , т.е. его ориентации относительно профиля обработанной поверхности.

Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что действительные геометрические параметры свободнообкатного инструмента зависят только от угла установки V оси инструмента относительно образующей линии обработанной поверхности и не зависят от всех прочих условий обработки, как это происходит при всех традиционных видах резания лезвийным инструментом.

перпендикулярно оси вращения инструмента. В этой плоскости производится профилирование производящей инструментальной линии реза.

Инструментальная плоскость резания P_{ni} - координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная инструментальной основной плоскости.

Инструментальная главная секущая плоскость $P_{\tau u}$ - координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения инструментальных основной плоскости и плоскости резания, проходящая через рассматриваемую точку режущей кромки. На рис. 1 - совпадает с плоскостью чертежа.

У свободнообкатного реза различают следующие углы заточки режущего клина, измеренные в инструментальной главной секущей плоскости.

Инструментальный главный передний угол γ_u - угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней поверхностью реза и инструментальной основной плоскостью. Передний угол можно задавать: положительным $\gamma_u > 0$, когда передняя поверхность в секущей плоскости лежит ниже инструментальной основной плоскости; равным нулю $\gamma_u = 0$, когда передняя поверхность реза в секущей плоскости совпадает с инструментальной основной поверхностью; и отрицательным, когда передняя поверхность в секущей плоскости лежит выше инструментальной основной плоскости.

Инструментальный главный задний угол α_u - угол в инструментальной главной секущей плоскости между задней поверхностью реза и инструментальной плоскостью резания.

Инструментальный главный угол заострения режущего клина β_u - угол в инструментальной главной секущей плоскости между передней и задней поверхностями реза.

Углы заточки режущего клина свободнообкатного инструмента, также как и у других известных лезвийных инструментов, связаны между собой зависимостью: $\alpha_u + \beta_u \pm \gamma_u = 90^\circ$.

Для осуществления процесса резания свободным обкатом ось вращения инструмента устанавливается в главной секущей плоскости под углом V (рис.1) к образующей линии обработанной поверхности или к направлению продольной подачи S . Значение угла V может лежать в пределах

$0 < v \leq \alpha_u$. При значении v , приближающемся к нулю, ось инструмента занимает положение близкое к параллельному с образующей линией обработанной поверхности или направлением подачи S . В этом случае скорость резания v уменьшается до нуля, и процесс резания с отходом стружки, в общепринятом понимании, прекращается, а происходит процесс аналогичный холодной высадке, протекающий в условиях вращения инструмента и заготовки. В настоящей работе вопросы холодной высадки в чистом виде не затрагиваются.

При значениях $v = \alpha_u$ задняя поверхность занимает положение касательной к уже обработанной поверхности и за счёт упругого последействия сил резания происходит выпучивание последней на некоторую величину (это явление, наблюдающееся и при всех других известных видах лезвийной обработки). В результате может происходить упруго-пластическое заглаживание (выглаживание) обрабатываемой поверхности задней поверхностью инструмента с улучшением свойств её поверхностного слоя. В этом случае скорость резания v принимает наибольшее значение, что определяет максимальную эффективность обработки. По мнению автора, последнее условие является наиболее благоприятным для протекания процесса резания свободным обкатом.

Действительные геометрические параметры инструмента, имеющие место при резании, полученные в результате ориентации оси инструмента относительно направления подачи, можно измерять в статической системе координатных плоскостей по ГОСТу 25762-83 (рис. 1). Особенностью процесса является то, что действительная геометрия инструмента зависит только от ориентации его оси и не зависит от кинематических характеристик формообразующих движений при резании. Поэтому статическая система координат свободнообкатного резания совпадает с кинематической системой и статические геометрические параметры режущего клина будут идентичны кинематическим.

Статическая основная плоскость P_{vc} - координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости резания.

Статическая плоскость резания P_{nc} - координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная и статической основной плоскости.

Статическая главная секущая плоскость $P_{\tau c}$ - координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения статических основной плоскости и

плоскости резания, проходящая через рассматриваемую точку режущей кромки (на рис. 1 - совпадает с плоскостью чертежа).

В процессе свободнообкатного резания различают следующие действительные углы инструмента (рис. 1), измеренные в статической главной секущей плоскости.

Статический главный передний угол γ_c - угол в статической главной секущей плоскости между передней поверхностью резца и статической основной плоскостью. Этот угол связан с главным инструментальным передним углом заточки режущего клина соотношением:

$$\gamma_c = \gamma_u + \nu.$$

Статический главный задний угол α_c - угол в статической главной секущей плоскости между задней поверхностью и статической плоскостью резания. Этот угол связан с инструментальным задним углом заточки соотношением $\alpha_c = \alpha_u - \nu$, при $\alpha_u = \nu$ - получим $\alpha_c = 0$.

Статический главный угол заострения режущего клина β_c остается неизменным, поэтому он совпадает с инструментальным углом заострения β_u , получаемым в результате заточки режущего клина.

Статический главный угол резания δ_c (ГОСТ 25762-83 не регламентируется) - угол в статической главной секущей плоскости между передней поверхностью резца и статической плоскостью резания. Он связан с другими геометрическими параметрами резца следующими соотношениями:

$$\delta_c = \beta_u + \alpha_c = \beta_u + \alpha_u - \nu = 90^\circ - \gamma_c = 90^\circ - \gamma_u - \nu.$$

Геометрические параметры инструмента в статической системе координат связаны между собой и с инструментальными углами заточки зависимостью:

$$\gamma_c + \beta_u + \alpha_c = \gamma_u + \beta_u + \alpha_u = \pm(\gamma_u + \nu) + \beta_u + \alpha_u - \nu = 90^\circ.$$

Угол наклона режущей кромки измеряется в статической плоскости резания и в отличие от традиционных режущих инструментов образуется не специальной заточкой режущей кромки, а смещением оси инструмента в ту или другую сторону относительно направления подачи в плоскости параллельной плоскости резания. При этом возможно, что оси инструмента и заготовки или скрещиваются в пространстве, или пересекаются. На рис. 2 представлена проекция на статическую плоскость резания места контакта режущей кромки с обрабатываемой поверхностью при пересекающихся осях.

Согласно ГОСТу 25762-83, статическим углом наклона режущей кромки λ_c называется угол в статической плоскости резания между касательной к режущей кромке в рассматриваемой точке и статической основной плоскостью.

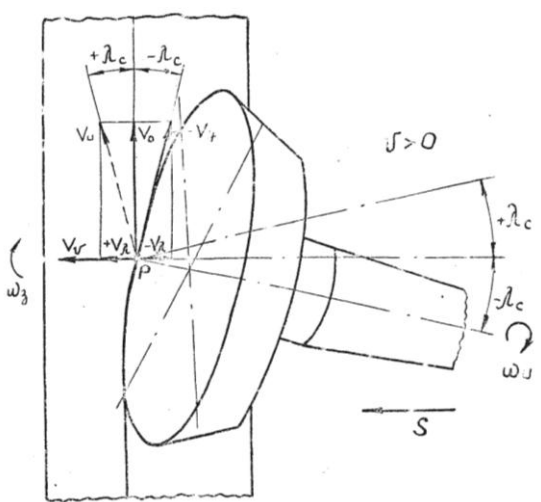


Рисунок 2 – Проекция на статическую плоскость резания места контакта режущей кромки с обрабатываемой поверхностью при пересекающихся осях

Угол наклона режущей кромки λ_c может иметь как положительное, так и отрицательное значение. При этом положительный угол $\lambda_c > 0$ считаем, когда вектор окружной скорости инструмента \bar{V}_u направлен в сторону вектора скорости резания \bar{V}_v , а отрицательным - $\lambda_c < 0$, когда эти векторы направлены в противоположные стороны (рис. 2). В первом случае общая скорость резания увеличивается на величину V_λ , во втором уменьшается на ту же величину. При $\lambda_c = 0$, составляющая скорости V_λ равна нулю, и тогда общая скорость резания становится равной $V = V_v$,

В рассматриваемом процессе углы в плане также имеют отличия от традиционных методов лезвийной обработки. В соответствии с ГОСТ [4] угол в плане рассматривается в основной плоскости между плоскостью резания и рабочей плоскостью. Плоскость резания - это касательная к режущей кромки

в рассматриваемой точке и перпендикулярна основной плоскости. Исходя из этого, для реза с круговой режущей кромкой след плоскости резания на основную площадь в каждой точке будет иметь свое направление и поэтому угол в плане представляет переменную величину.

Выводы.

1. Установлены фактические геометрические параметры инструментов при свободнообкатном резании.

2. Полученные данные позволяют в дальнейшем изучить влияние геометрических параметров на особенности физических явлений в зоне свободнообкатного резания - процесс стружкообразования, тепловыделения, формирование обработанных поверхностей и их качества и т.д.

Список использованных источников: 1. Патент RU 2311991 С.2 РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ/ А.В. Добровольский (ИА), С.И. Дмитриев (ИА). Способ высокоточной свободнообкатной обработки сферической поверхности/ - Заявка: 200413769/02, 23.12.2004. Опубликовано: 10.12.2007 Бюл. № 34. 2. Добровольский А.В., Краснощек Ю.С. Кинематика свободнообкатного резания с пересекающимися осями для обработки внутренних поверхностей// Резание и инструмент в технологических системах. Международный научно-техн. сборник. - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2008. Вып. 74. - С.116-125. 3. Добровольский А.В., Краснощек Ю.С. Кинематика свободнообкатного резания при обработке наружной сферической поверхности// Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ "ХПИ", - Харків, 2009 -Вип. 1(18) - С. 38-46. 4. ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. 5. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. - М.: Машиностроение, 1975. - 334 с.

Bibliography (transliterated): 1. Patent RU 2311991 S.2 ROSSIJSKAJA FEDERACIJA/ A.V. Dobrovol'skij (IA), S.I. Dmitriev (IA). Sposob vysokotochnoj svobodnoobkatnoj obrabotki sfericheskoj poverhnosti/ - Zajavka: 200413769/02, 23.12.2004. Opublikovano: 10.12.2007 Bjul. № 34. 2. Dobrovol'skij A.V., Krasnoshhek Ju.S. Kinematika svobodnoobkatnogo rezanija s peresekajushhimisja osjami dlja obrabotki vnutrennih poverhnoستهj// Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah. Mezhdunarodnyj nauchno-tehn. sbornik. - Har'kov: NTU "HPI". - 2008. Vyp. 74. - S.116-125. 3. Dobrovol'skij A.V., Krasnoshhek Ju.S. Kinematika svobodnoobkatnogo rezanija pri obrabotke naruzhnoj sfericheskoj poverhnosti// Visoki tehnologii v mashinobuduvanni: Zbirnik naukovih prac' NTU "HPI", - Harkiv, 2009 -Vip. 1(18) - S. 38-46. 4. GOST 25762-83. Obrabotka rezaniem. Terminy, opredelenija i oboznachenija obshhjih ponjatij. 5. Bobrov V.F. Osnovy teorii rezanija metallov. - M.: Mashinostroenie, 1975. - 334 s.

Поступила в редакцию 10.10.2014