

УДК 621.9.02

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ РЕЗАНИЯ ПРИ РАСТАЧИВАНИИ ОПОРНОГО КОНУСА В ВИДЕ ГИПЕРБОЛОИДА ВРАЩЕНИЯ

Никифоров Н.И., Лаврентьев А.М.

Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: nikiforovni@rambler.ru

При комбинированной обработке резанием и поверхностным пластическим деформированием с самоподачей для обеспечения резания требуется увеличить силы деформирования без изменения контактных напряжений в деформирующей части инструмента. Это возможно при увеличении площади контакта между деформирующим роликом и обрабатываемой деталью. Одним из решений является увеличение длины контакта за счет применения длинных роликов обеспечивающих перекрещивающийся контакт с заготовкой. Однако это требует применение опорного конуса выполненного с криволинейной поверхностью. В статье рассмотрены особенности обработки резанием внутренней поверхности опорного конуса криволинейной формы в виде гиперboloида вращения. Выявлена расчетная схема и на ее основании получены расчетные зависимости для определения изменения углов резания при перемещении резца по длине образующей опорного конуса. Показано что наблюдаемое изменение переднего и заднего углов резания при тонком растачивании ведет к нестабильному качеству поверхности.

Ключевые слова: опорный конус, растачивание, углы резания, гиперboloид вращения

DETERMINATION OF CUTTING CORNERS IN BORING REFERENCE CONE AS HYPERBOLOID

Nikiforov N.I., Lavrentiev A.M.

The Kamyshin Technological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University Kamyshin, e-mail: nikiforovni@rambler.ru

When combined machining and surface plastic deformation with self-serve for cutting is required to increase the deformation forces without changing the contact stresses in a deformation of the tool. This is possible by increasing the contact area between the roller and the deforming a workpiece. One solution is to increase the contact length through the use of long rollers ensuring Crossed contact with the workpiece. However, this requires the use of support cone made with a curved surface. The article describes the features of machining the inner surface of the support cone curved shape in the form of a hyperboloid. Revealed the design scheme, and on its basis obtained calculated dependences for determining the change of cutting corners when moving the tool along the length of the generator support cone. It is shown that the observed changes in the front and rear cutting corners in fine boring leads to unstable quality of surface.

Keywords: support cone, boring, cutting corners, a hyperboloid of revolution

Одними из самых производительных и экономичных методов обработки длинномерных нежестких валов и труб является совмещенное обтачивание и обработка ППД роликами [3]. При этом используют эффект самоподачи создаваемой обкатником для приведения во вращение и продольное перемещение обрабатываемой детали, поскольку контакт роликов с поверхностью детали является фрикционным. Так как требуется преодолеть возникающие значительные по величине силы резания, то такая схема обработки имеет ограничения по глубине резания и подаче связанные с конструктивными параметрами и количеством деформируемых роликов устанавливаемых в обкатнике. Одним из решений является увеличение длины контакта за счет применения длинных роликов обеспечивающих перекрещивающийся контакт с заготовкой. Однако это требует применение опорного конуса выполненного с криволинейной поверхностью [2]. Форма поверхности такого криволинейного опорного конуса

будет представлять собой однополостной гиперboloид вращения с образующей, перекрещивающейся с осью вращения под двумя углами. Первый угол равен сумме угла конусности деформирующего ролика, опорного конуса и заднего угла внедрения. Вторым углом это угол самоподачи. Так как поверхность гиперboloида является линейчатой, то ее можно получить тонким растачиванием на токарном станке, обеспечив необходимую траекторию движения резца.

Так как при проходе вдоль направляющей обрабатываемой поверхности гиперboloида вращения происходит изменение углов резания, то оценить это влияние можно проведя соответствующий анализ.

Для определения изменения углов резания в начале и конце растачивания рассмотрим схему на рис.1.

Если расположить вершину резца по центру заготовки в средней части растачиваемого конуса (точка 2), то в начале (точка 1) и в конце обработки (точка 3) будет получено искажение углов резания (рис.2).

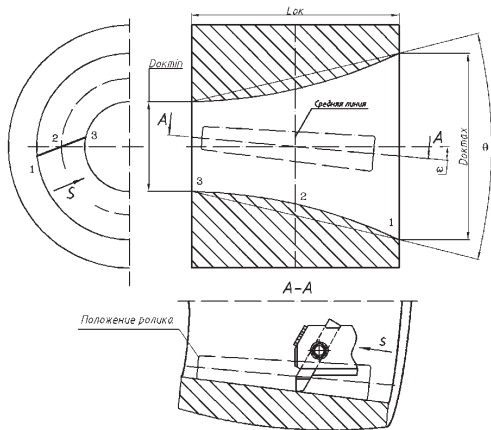


Рис. 1. Схема растачивания криволинейного конуса: 1-2-3 – траектория движения резца.

Изменившиеся передний и задний углы в точке 1 и 3 будут зависеть от углов β_1 и β_3 соответственно из-за изменения угла расположения вершины резца в начале и конце обработки

$$\gamma_1 = \gamma_2 + \beta_1 \quad \alpha_1 = \alpha_2 - \beta_1 \quad \square \square$$

$$\gamma_3 = \gamma_2 - \beta_3 \quad \alpha_3 = \alpha_2 + \beta_3 \quad \square \square$$

Для нахождения углов β_1 и β_3 получены выражения \square

$$\beta_1 = \arcsin \left(\frac{\frac{D_{ок\max}}{2} - h_2}{\frac{D_{ок\max}}{2}} \right) \quad \beta_3 = \arcsin \left(\frac{\frac{D_{ок\min}}{2} - h_3}{\frac{D_{ок\min}}{2}} \right) \quad \square \square \quad \square \square$$

где $\square_{ок\max}$, $\square_{ок\min}$ – максимальный и минимальный диаметр опорного конуса \square_2 , \square_3 – длины $\square_{орд}$ рис 3 определяемые по \square формулам 7 и $\square \square$

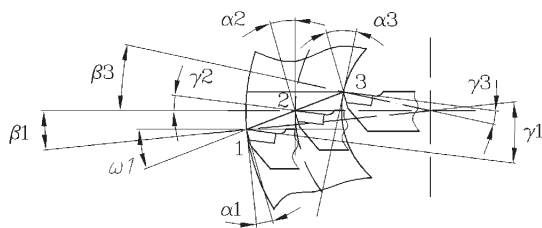


Рис. 2. Схема изменения углов резания при расточке опорного конуса в виде гиперboloида вращения: $\alpha_1, \gamma_1, \alpha_2, \gamma_2, \alpha_3, \gamma_3$ – задний и передний углы резца соответственно в 1, 2 и 3 точках; ω_1 – угол наклона образующей конуса в рассматриваемой проекции; β_1, β_3 – изменение угла расположения вершины резца в начале и конце обработки; γ_2, α_2 – передний и задний углы резца при установке его по линии центров (точка 2).

$$D_{ок\max} = D_{ок\min} + 2L_{ок} \operatorname{tg} 0,5\theta \quad \square \square$$

$$h_2 = \frac{D_{ок\max}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D_{ок\max}^2 - h_1^2} \quad \square \square \square$$

где $L_{ок}$ – длина опорного конуса $\square \theta$ – угол конусности опорного конуса $\square h_1$ определяется из выражения \square

$$h_1 = L_{ок} \operatorname{tg} \omega \quad \square \square$$

Преобразуя \square формулу \square получим \square

$$h_2 = \frac{D_{ок\max}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D_{ок\max}^2 - L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega} \quad \square \square \square$$

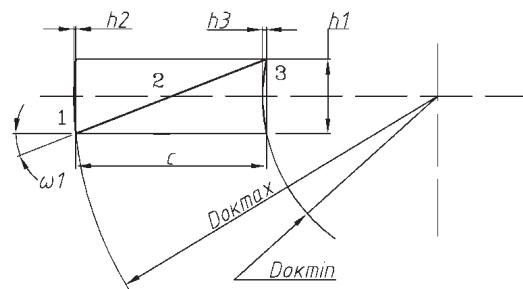


Рис. 3. Схема к определению h_2, h_3 .

И аналогично для h_3 \square

$$h_3 = \frac{D_{ок\min}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D_{ок\min}^2 - L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega} \quad \square \square \square$$

Произведя подстановку и преобразование \square

$$\beta_1 = \arcsin \sqrt{1 - \frac{L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega}{(D_{ок\min} + 2L_{ок} \operatorname{tg} 0,5\theta)^2}} \quad \square \square \square$$

$$\beta_3 = \arcsin \sqrt{1 - \frac{L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega}{D_{ок\min}^2}} \quad \square \square \square$$

Окончательно получим выражения для нахождения изменившихся углов резания в крайних \square точка \square обрабатываемого конуса, если резец будет выставляться по средней точке \square

$$\gamma_1 = \gamma_2 + \arcsin \sqrt{1 - \frac{L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega}{(D_{ок\min} + 2L_{ок} \operatorname{tg} 0,5\theta)^2}} \quad \square \square \square$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 - \arcsin \sqrt{1 - \frac{L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega}{(D_{ок\min} + 2L_{ок} \operatorname{tg} 0,5\theta)^2}} \quad (12)$$

$$\gamma_3 = \gamma_2 - \arcsin \sqrt{1 - \frac{L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega}{D_{ок\min}^2}} \quad (13)$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \arcsin \sqrt{1 - \frac{L_{ок}^2 \operatorname{tg}^2 \omega}{D_{ок\min}^2}} \quad (14)$$

Полученное изменение углов представлено на рис. 4, 5.

Изменение углов оказывает влияние на изменение шероховатости поверхности получаемой после обработки. Но это влияние не связано с геометрическими соображениями, а происходит главным образом за счет изменения условий деформации металла, величиной наростообразования, вибрации, изменением силы трения на задней поверхности и др. [1].

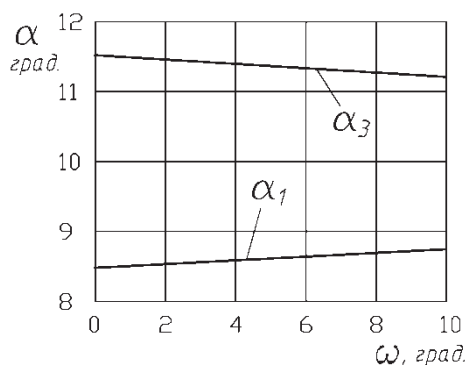


Рис. 4. Зависимости заднего угла в точках 1 (α_1) и 3 (α_3) от угла самоподачи построенные для условий: $\gamma_2=20^\circ$, $\alpha_2=10^\circ$, $\theta=6^\circ$, $L_{ок}=120\text{мм}$; $D_{ок\min}=60\text{мм}$.

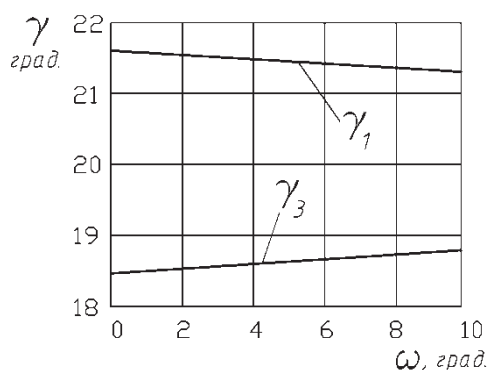


Рис. 5. Зависимости переднего угла в точках 1 (γ_1) и 3 (γ_3) от угла самоподачи построенные для условий: $\gamma_2=20^\circ$, $\alpha_2=10^\circ$, $\theta=6^\circ$, $L_{ок}=120\text{мм}$; $D_{ок\min}=60\text{мм}$.

Оценить это влияние можно применив известную эмпирическую зависимость для определения параметра шероховатости для тонкого растачивания [4]:

$$Ra = 76,2 \frac{s^{0,57} v^{0,03} j_{ст}^{0,04}}{10^{0,04} t^{0,08} \rho^{0,2} \alpha^{0,34} (50 + \gamma)^{0,35}} \quad (15)$$

где s – подача, мм/об; v – скорость резания м/мин; $j_{ст}$ – жесткость станка Н/мм; t – глубина резания, мм; ρ – радиус при вершине резца, мм; α , γ – задний и передний углы, град.

Произведя подстановку изменения углов в формулу 15 получим графики изменения параметра шероховатости Ra при обработке криволинейного опорного конуса чистовым растачиванием.

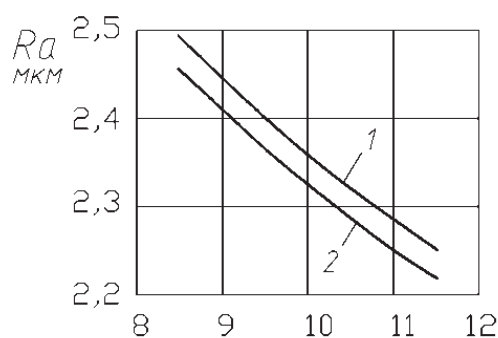


Рис. 6. Зависимость Ra от заднего угла построенные для условий: 1 - $\gamma_1=18,5^\circ$; 2 - $\gamma_3=21,5^\circ$; $\theta=6^\circ$, $L_{ок}=120\text{мм}$; $D_{ок\min}=60\text{мм}$, $V=150\text{м/мин}$, $S=0,05\text{ мм/об}$, $R=2\text{мм}$.

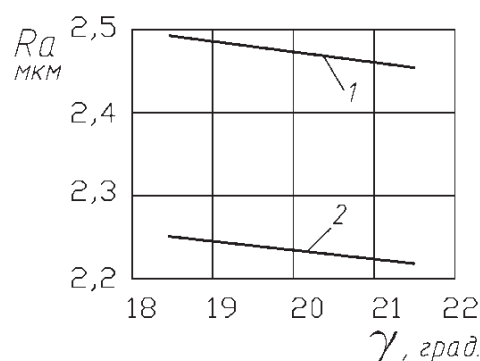


Рис. 7. Зависимость Ra от переднего угла построенные для условий: 1 - $\alpha_1=8,5^\circ$; 2 - $\alpha_3=11,5^\circ$, $\theta=6^\circ$, $L_{ок}=120\text{мм}$; $D_{ок\min}=60\text{мм}$, $V=150\text{м/мин}$, $S=0,05\text{ мм/об}$, $R=2\text{мм}$.

Анализ графиков (рис.6, 7) показывает, что при обработке параметр шероховатости изменяется в небольших пределах, однако это говорит о имеющем место влиянии и его необходимо учитывать при рассматриваемом

мой чистовой обработке криволинейного опорного конуса. Учесть изменение углов возможно при растачивании на токарном станке с ЧПУ с одновременным управлением по четырем координатам: в продольном направлении, в поперечном, в вертикальном – для получения необходимой траектории, кроме того при изменении вертикальной координаты необходим поворот резца для сохранения углов резания постоянными. Величина поворота зависит от положения резца в вертикальной плоскости.

Список литературы

1. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М.: Машиностроение, 1976. – 278 с., с ил.
2. Отений, Я. Н. Технологическое обеспечение качества деталей машин поверхностным пластическим деформированием: моногр. / Отений, Я. Н., . - Волгоград: РПК «Политехник», 2005. - 224 с.- Библиогр.: с. 211 - 217 - ISBN 5-230-04557-4
3. Смольников Н.Я., Отений Я.Н., Никифоров Н.И., Журавлев А.И. Способ комбинированной режущо-деформирующей обработки и устройство для его осуществления. Патент №2247016. Оpubл. 27.02.2005. Бюл. № 6.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с., ил.