

АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИИ ПРОФИЛЯ НЕКРУГЛОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ОБРАЗОВАННОЙ ЭКСЦЕНТРИЧНО УСТАНОВЛЕННЫМ КРУГЛЫМ РЕЗЦОМ

А.Н. Селицкий

*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,
г. Новополоцк, Беларусь*

Научный руководитель В.А. Данилов

Известна схема (рис. 1) ротационного точения некруглых цилиндрических поверхностей эксцентрично установленным круглым резцом [1].

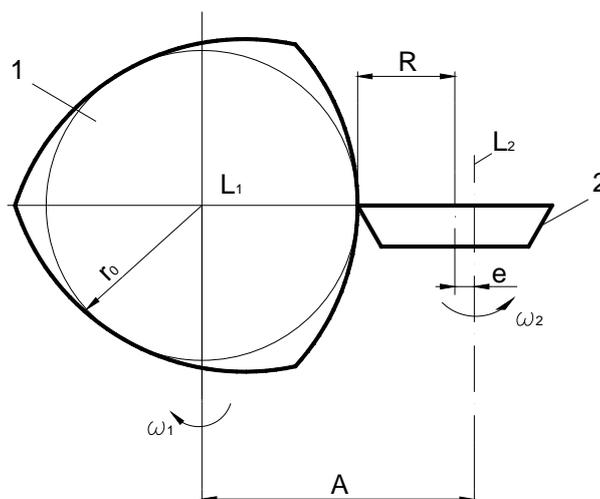


Рис. 1. Схема кинематического образования профиля

При сообщении круглому резцу 2, установленному с эксцентриситетом e , и заготовке 1 согласованных вращательных движений вокруг скрещивающихся под прямым углом осей L_2 и L_1 , соответственно с угловыми скоростями ω_2 и ω_1 при $\omega_2 / \omega_1 = m$, формируется некруглая поверхность с равномерно расположенными выступами. Ее профиль описывается зависимостью

$$r = r_{\text{cp}} - e \cos m\alpha, \quad (1)$$

где α – текущее значение угла поворота заготовки, r_{cp} – средний радиус некруглого профиля, который определяется как $r_{\text{cp}} = r_0 + e$ (r_0 – радиус вписанной окружности).

Отношение ω_2 / ω_1 задается в зависимости от количества m конгруэнтных участков некруглого профиля.

Задачей исследования является определение влияния параметров установки инструмента на формируемый профиль, что имеет важное практическое значение.

Из конструктивных и технологических соображений предпочтителен профиль, у которого кривизна в каждой точке положительна. При вогнутой форме профиля отсутствуют ограничения на диаметр шлифовального круга. При наличии же вогнутых участков радиус круга не должен превышать радиус впадины профиля. Аналогичное ограничение возникает при упрочнении профильной поверхности пластиче-

ским деформированием с помощью накатного ролика. Кроме того, при выпуклой форме в меньшем диапазоне изменяются углы режущей части резца, что улучшает условия резания. При измерении вогнутой формы профиля также возникают определенные трудности, так как требуется специальный мерительный инструмент. При выпуклом профиле используется стандартный штангенциркуль.

Определим условие, при котором кривизна в каждой точке положительна.

Формула для вычисления кривизны, когда кривая задана уравнением в полярных координатах, имеет вид [2]:

$$K = \frac{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho\rho''}{(\rho^2 + \rho'^2)^{3/2}}, \quad (2)$$

где ρ – уравнение кривой в полярных координатах; ρ' – первая производная от ρ ; ρ'' – вторая производная от ρ .

Первая и вторая производные от выражения (1) имеют вид:

$$\rho' = e \sin(m\alpha)m;$$

$$\rho'' = e \cos(m\alpha)m^2.$$

Подставив полученные значения в формулу (2), получим

$$K = \frac{(r_c - e \cos(m\alpha))^2 - 2(e \sin(m\alpha)m)^2 - (r_c - e \cos(m\alpha))(e \cos(m\alpha)m^2)}{((r_c - e \cos(m\alpha))^2 + (e \sin(m\alpha)m)^2)^{3/2}}. \quad (3)$$

Кривизна равна нулю, если числитель в выражении (3) равен нулю.

Поэтому

$$(r_c - e \cos(m\alpha))^2 - 2(e \sin(m\alpha)m)^2 - (r_c - e \cos(m\alpha))(e \cos(m\alpha)m^2) = 0. \quad (4)$$

Изменение знака кривизны наиболее вероятно при $\alpha = 0$. Тогда формула (4) примет вид:

$$r_c^2 - 2r_c e + e^2 - r_c m^2 e + e^2 m^2 = 0. \quad (5)$$

Разделив выражение (5) на r_c^2 , и разрешив его относительно $\frac{e}{r_c}$, получим

$$\frac{e}{r_c} = \frac{1}{m^2 + 1}. \quad (6)$$

Выражение (6) является граничным условием для определения выпуклости или вогнутости некруглого профиля, получаемого эксцентрично установленным ротационным резцом. При значении $\frac{e}{r_c} > \frac{1}{m^2 + 1}$ образуемый профиль является вогнутым, а

при $\frac{e}{r_c} < \frac{1}{m^2+1}$ – выпуклым. Если же $\frac{e}{r_c} = \frac{1}{m^2+1}$, то профиль является выпуклым, но кривизна в этом случае равна нулю.

Найдем зависимость для определения радиуса кривизны в вершине некруглого профиля.

Поочередно подставив в выражение (3) значение $\alpha = 60^\circ$; $\alpha = 45^\circ$; $\alpha = 36^\circ$ (соответственно для трех- четырех- и пятигранного профиля), получим зависимость для определения кривизны в вершине:

$$K = \frac{r_c + (m^2 + 1)e}{(r_c + e)^2}.$$

Так как радиус кривизны – величина, обратная абсолютной величине кривизны, искомое выражение будет иметь вид

$$R = \frac{(r_c + e)^2}{r_c + (m^2 + 1)e}. \quad (7)$$

На рис. 2 представлены поперечные сечения получаемых профилей при $\frac{e}{r_c} < \frac{1}{m^2+1}$ (кривизна во всех точках профиля имеет положительное значение)

(рис. 2, а), $\frac{e}{r_c} = \frac{1}{m^2+1}$ (кривизна в наименее удаленных от оси точках равна нулю)

(рис. 2, б), $\frac{e}{r_c} > \frac{1}{m^2+1}$ (профиль имеет вогнутые участки) (рис. 2, в).

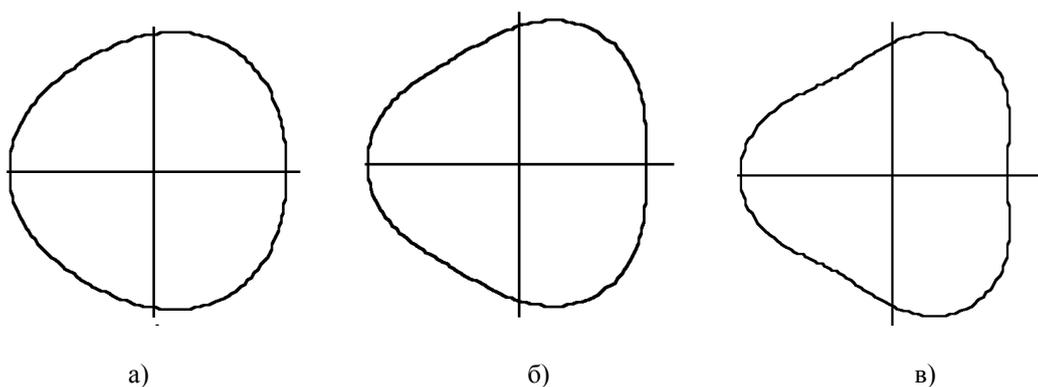


Рис. 2. Формы получаемого профиля

Таким образом, в зависимости от отношения $\frac{e}{r_c}$ обрабатываемый профиль может быть вогнутым или выпукло-вогнутым. Полученные результаты позволяют управлять схемой формообразования для получения профиля требуемой геометрии, что необходимо для практической реализации ротационного точения некруглых поверхностей.

Литература

1. Данилов, В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием /В.А. Данилов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1995. – 264 с.
2. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов /И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1981.

**МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОТС «АКВАПОЛ-1»****И.В. Закревский, Е.В. Сенчуров***Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск*

Научный руководитель Л.Е. Сергеев

Как известно, магнитно-абразивная обработка (МАО) представляет собой один из финишных процессов, направленных на достижение и обеспечение высоких показателей качества деталей. Однако «узким местом» данной технологии является обработка цветных металлов типа бронзы, латуни, меди и т. д. Это объясняется, во-первых, тем, что существенно меняется характер силового взаимодействия режущих элементов ферроабразивного порошка (ФАП) с поверхностью материала, во-вторых, возможностью прекращения процесса диспергирования из-за возникновения явления структурной приспособляемости. Кроме того, при использовании ФАП на основе карбидов, обладающих высокими режущими свойствами (например, Fe-TiC, содержащего 85 % порошка железа и 15 % порошка карбидов титана), происходит потемнение обрабатываемых поверхностей изделий. Это вызвано внедрением в них продуктов распада ФАП, обусловленного наличием в порошке остаточного углерода, устранить который ввиду особенностей технологии его изготовления не предоставляется возможным. В итоге, ухудшается товарный вид конечной продукции.

Использование же ФАП ПФА Р6М5-1 ТУ 27-104-02-86, производство которого базируется на основе отходов быстрорежущей стали и имеющего высокие полирующие свойства, вследствие чего придается требуемый блеск поверхностному слою изделия, ограничено. Это обусловлено тем, что если глубина дефектного слоя материала превышает 15–20 мкм, применение данного вида ФАП уменьшается из-за невозможности устранения дефектов поверхности. Одной из предпринимаемых попыток исключения такого недостатка обработки являлось механическое смешивание двух видов ФАП – Fe-TiC и ПФА Р6М5-1 в различных пропорциях. Однако увеличение доли Fe-TiC в общем количестве ПАФ не обеспечивало полного устранения дефектов поверхности, образованных предшествующей технологической операцией, если их глубина превышала 25–30 мкм, а, соответственно, увеличение доли ПФА Р6М5-1 только приводило к снижению потемнения поверхностного слоя.

Поскольку вторым компонентом рабочей среды при МАО, помимо ФАП, служит смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), то они представляли следующий этап исследований. Это объясняется тем, что наибольшей способностью к адсорбции при процессе МАО обладают именно ПАВ. Их характерной особенностью является несовпадение центров тяжести положительных и отрицательных зарядов в молекулах даже в изолированном состоянии. Микроскопическая неоднородность физико-механических харак-