УДК: 621.951.45

Н.С. Равская, д-р техн. наук, проф., **Л.И. Ковалева,** канд. техн. наук, доц.,
А.П. Оробченко, аспирант
Национальный технический университет Украины КПИ, Украина
Тел/факс +32044 , *E-mail*: *Itm@kpi.ua*

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СВЕРЛ С РАДИУСНОЙ ЗАТОЧКОЙ СПОСОБОМ КОПИРОВАНИЯ

В этой статье рассмотрен способ формирования задней поверхности сверла методом копирования фасонным шлифовальным кругом, профиль которого очерчен дугой окружности, при параллельных осях круга и сверла. Выведены математические зависимости для расчета геометрических параметров режущей части сверла с использованием радиусной заточки. Решены прямая и обратная задачи. Прямая: расчета геометрических параметров режущей части сверлапри известных положениях установки его относительно фасонного шлифовального круга. Обратная: определено положения сверла относительно круга и радиуса его профиля при заданных геометрических параметрах сверла. Определены установочные параметры для заточки сверл с радиусной режущей кромкой фасонным шлифовальным кругом при наклонной установкой оси сверла по отношению к оси круга.
Ключевые слова: *сверло, стойкость, радиусная режущая кромка, заточка.*

1. Введение

Эффективностьметаллообрабатывающего производства во многом зависит от работоспособности инструмента, требования к которому значительно возрастают в автоматизированном производстве и, в частности, при эксплуатации станков с ЧПУ. Одной из основных характеристик работоспособности инструмента является его стойкость.

Стандартные спиральные сверла являются инструментом массового использования, режущая часть которых в силу их конструкции обладает несовершенной геометрией, что отрицательно сказывается на их стойкости. А поэтому одним из направлений повышения стойкости сверл является совершенствование конструкции его режущей части за счет изменения формы его режущей части при заточке. [1, 2, 3].Середимножества предлагаемых форм режущей части, полученных в результате заточки стандартных сверл, сверла с радиусной заточкой имею повышенную стойкость, более целесообразную загрузку режущих кромок в сравнении со стандартной конструкцией спирального сверла с заточкой задних поверхностей по коническим винтовым сложно-винтовыми поверхностям. Эти способы формообразования задних поверхностей фасонных сверл требуют, как правило, сложных приспособлений, что затрудняет их использование в производстве.

Поэтому разработка более простых способов формообразования задних поверхностей сверл с криволинейными режущими кромками, в частности срадиусными, является актуальной задачей.

2. Анализ исследований и публикаций

Заточку сверл с радиусной режущей кромкой производят с помощью специальных приспособлений [1-3]. При выбранном способе заточки для получения принятых углов φ, по которым определяется радиус режущей кромки и инструментальный зад-

© Равская Н.С., Ковалева Л.И., Оробченко А.П., 2014

ний угол [3] необходимо определить основные параметры, обеспечивающие формообразование затачиваемой поверхности, а именно установочные параметры сверла относительно шлифовального круга.

Задача определения установочных параметров решена для сверл с радиусной заточкой только с заточкой задней поверхности по конусу [4]. Для других способов заточки такая задача не рассматривалась.

Вместе с тем, формообразование задней поверхности таких сверл может производится без использования специальных приспособлений способом копирования при заточке шлифовальным кругом, профиль которого очерчен дугой окружности. При этом способе заточки имеет место рассмотрения прямой и обратной задач формообразования задней поверхности при параллельных осях круга и сверла, а так же заточка сверл копированием при наклонной установке оси сверла относительно оси фасонного шлифовального круга.

3. Основное содержание и результаты работы

Целью работы является определение зависимостей для расчета геометрических параметров режущей части сверла при известных положениях его установки относительно фасонного шлифовального круга, а так же определения положения сверла относительно круга и радиуса его профиля при заданных геометрических параметрах сверла.

Прямая задача формообразования задней поверхности сверла при параллельных осях круга и сверла.

Схема заточки сверла с фасонной режущей кромкой шлифовальным кругом, профиль которого очерчен дугой окружности, изображена на рисунке 1.

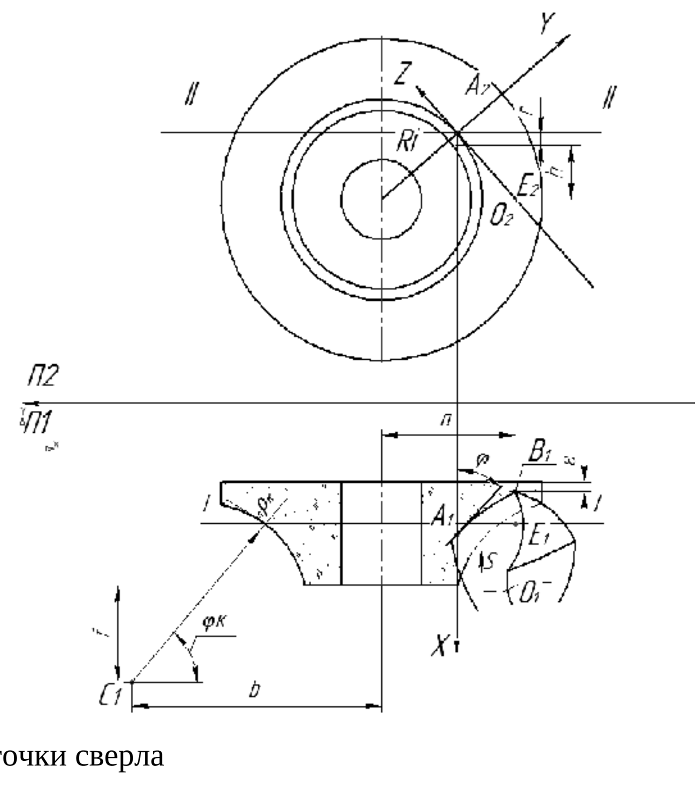

Рис.1. Схема заточки сверла

Радиус профиля шлифовального круга равен ρ_k. Положение центра С профиля, по отношению к оси шлифовального кола, характеризуется размером “b” от оси круга до центра С, который измеряется в направлении перпендикулярном оси круга. Рассмотрим случай, когда ось сверла параллельна оси шлифовального округа.

Выбираем систему плоскостей проекций П1/П2. Плоскость идет перпендикулярно осям круга. Плоскость идет параллельно сечению II-II. Сечение II-II включает режущую кромку и идет параллельно оси сверла. Положение оси сверла по отношению к оси шлифовального круга определяется расстоянием “а”, измеренным в проекции на плоскость П1, между проекцией оси сверла и проекцией оси шлифовального круга. В проекции на плоскость П2 положение проекции оси сверла характеризуется превышением «h» оси сверла над осью шлифовального круга. В процессе обработки задней поверхности шлифовальный круг вращается вокруг своей оси. Это главное движение резания. Спиральному сверлу сообщается поступательное движение подачи s, параллельно оси сверла.

В момент формирования затачиваемой задней поверхности движение подачи выключается. Задняя поверхность создается методом копирования и совпадает с фасонной поверхностью вращения шлифовального круга. Радиус сердцевины сверла обозначен через “r”. Соответственно расстояние от оси шлифовального округа до сечения II-II, в котором при заточке располагается режущая кромка равно h+r.

Рассмотрим произвольную точку А режущей кромки, положение которой в проекции на плоскость П1 характеризуется размером “l ”. Сечение I-I проходит через точку А режущей кромки, перпендикулярно оси круга, параллельно плоскости проекций П2 и пресекается с фасонной поверхностью вращения шлифовального округа по окружности, переходящей через точку А, радиус которой равен R_n. Окружность радиуса R_n будет формировать заднюю поверхность в точке А в сечении I-I.

Положение касательной АЕ к окружности радиуса R_n будет определят инструментальный задний угол α_i в точке А. В соответствии с построением величина инструментального заднего угла α_i равна:

$$\mathrm{tg}(\alpha_i) = \frac{h+r}{a-l}.$$

Определим угол при вершине φ в точке А режущей кромки. В плоскости XY проведем вектор $\bar{P}$, касательный к профилю шлифовального круга, который записывается:

$$\bar{P} = \bar{\imath}\cos\varphi_k - \bar{\jmath}\sin\varphi_k,$$

где угол φ_k определяется по зависимости:

$$\cos(\varphi_k) = \frac{b-Rn}{\rho_k}.$$

Радиус Rn равен:

$$Rn = \frac{a-l}{\cos(\varphi_k)(\alpha_i)}.$$

Вектор, идущий по линии АЕ будет: $\overline{AE} = \bar{k}$.

Вектор $\overline{AB}$, идущий по касательной к режущей кромке будет:

$$\overline{AB} = -\bar{\imath}ctg(\varphi) + \bar{\jmath}\cos(\alpha_i) - \bar{k}\sin(\alpha_i).$$

Три рассматриваемых вектора лежат в одной плоскости, которая касается задней поверхности сверла в исследуемой точке А режущей кромке. Поэтому их векторно-скалярное произведение равно нулю. Следовательно:

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ \cos\varphi_k & -\sin\varphi_k & 0 \\ -ctg\varphi & \cos\alpha_i & -\sin\alpha_i \end{vmatrix} = \mathbf{0}.$$

Раскрывая определитель будем иметь:

$$cos\varphi_k cos\alpha_i - \mathbf{ctg\varphi} \sin\varphi_k = \mathbf{0}.$$

Отсюда:

$$tg\varphi_k = \frac{tg\varphi_k}{\cos\alpha_i}.$$

Зная углы α_i и φ, по известным зависимостям определеяются геометрические параметры режущей части в точке А.

Так, например, передний угол в нормальном к режущей кромке сечении в исследуемой точке А будет равен:

$$\mathrm{tg}\,\gamma_N = \mathbf{tg}\,\omega_x \frac{1 - sin^2\mu * sin^2\rho}{\sin\varphi_k * \cos\mu} - \mathrm{tg}\,\mu\cos\varphi_k,$$

где R – радиус сверла,

R_x - радиус исследуемой точки режущей кромки:

$$\mathrm{tg}\,\mu = \frac{r}{l};$$

$$\mathrm{tg}\,\omega_x = \frac{R_x}{R} * \mathbf{tg}\,\omega;$$

$$R_x = \frac{r}{\sin\mu}.$$

Наряду с рассматриваемой задачей определения геометрических параметров режущей части в исследуемых точках режущей кромки при известном положении относительно заданного фасонного шлифовального круга в практике приходится рассматривать обратную задачу.

Обратная задача

Обратная задача заключается в определении положения сверла относительно фасонного круга при известных заданных инструментальных геометрических параметрах режущей части.

Заданными инструментальными геометрическими параметрами будем считать задний угол α_i на периферии сверла в цилиндрическом сечении, концентричном оси сверла; угол при вершине φ на периферии сверла, угол φ_i в выбранной второй точке режущей кромки, то есть при выбранной величине *l*.

При известном α определяется угол α_i в точке А:

$$\mathrm{tg}\,\alpha_i = \frac{\mathrm{tg}\,\alpha\,\mathrm{tg}\,\varphi}{\cos\mu} - \mathrm{tg}\,\mu,$$

где

$$\sin\mu = \frac{r}{R}.$$

При выбранном значении “а” (рис. 1), соответствующем размером шлифованного круга, определится превышение“h” оси сверла над осью шлифованного круга:

$$\boldsymbol{h} = tg\alpha_i(a - Rcos\mu) - r.$$

Рассчитывается угол α_i для второй точки режущей кромки:

$$tg\alpha_i = \frac{\boldsymbol{h} + r}{a - l}.$$

Определяются углы φ_{ki} в двухрассматриваемых точках режущей кромки. В первой точке на периферии сверла:

$$tg\varphi_{ki} = tg\varphi * cos\alpha_i .$$

Во второй точке φ_{ki} равен:

$$tg\varphi_{ki} = tg\varphi_i * cos\alpha_i .$$

Находится радиус профиля ρ_k шлифованного круга и размер «b». Для первой периферийной точки будем иметь:

$$b - R = \rho_k cos\varphi_{ki} .$$

Для второй точки:

$$b - R_i = \rho_k cos\varphi_{ki} .$$

где

$$R_i = \frac{a - l}{cos\alpha_i} .$$

Решая совместно два рассматриваемых уравнения получим:

$$\rho_k = \frac{R - R_i}{cos\varphi_{ki} - cos\varphi_i} .$$

$$b = R + \rho_{ki} * cos\varphi_i .$$

Заточку сверл с радиусной режущей кромкой можно производить копированием фасонным шлифовальным кругом при наклонной установке оси сверла по отношении к оси шлифованного круга.

Заточка сверла фасонным кругом при наклонной оси сверла. Схема заточки сверла фасонным шлифованным кругом при наклонной установке оси сверла к оси круга показана на рис. 2.Профиль фасонного круга ограниченный дугой окружности радиуса ρ_k. Ось сверла и ось круга являются скрещивающимися прямыми, угол между которыми равен “ε ”. Расстояние от оси сверла до шлифованного круга равно “h”. В процессе обработки задней поверхности сверла шлифованный круг вращается вокруг своей оси – главное движение резания.

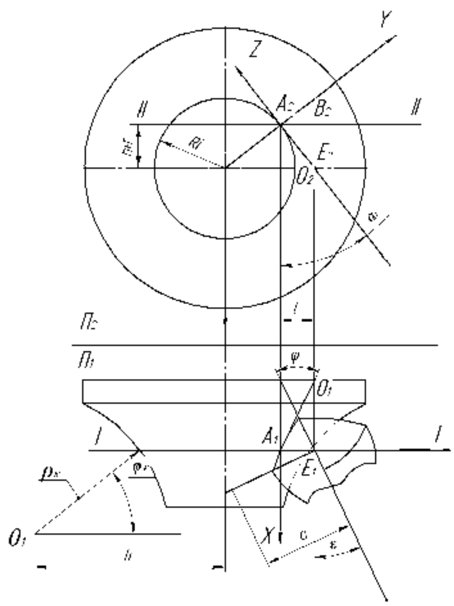

Рис. 2. Схема заточки сверла при наклонной установке

Поэтому при вращении круга его поверхность скользит «сама по себе», и это движение не оказывает влияние на форму обработанной поверхности. Затачиваемому сверлу сообщается прямолинейно-поступательное движение подачи, параллельное оси сверла, которое, аналогично, рассмотренному способу при параллельных осях круга и сверла, в момент формирования задней поверхности сверла выключается. Таким образом задняя поверхность сверла создается методом копирования и совпадает с поверхностью вращения фасонного круга. Выбираем систему проекций $П_1$- $П_2$. Плоскость $П_2$ идет перпендикулярно оси шлифовального круга. Плоскость $П_1$ идет параллельно осям шлифовального круга и сверла. На плоскость $П_1$ в истинную величину проектируется угол “ε ” между осями сверла и круга. Сверло, путем вращения вокруг свей оси, устанавливается таким образом, что его режущая кромка располагается в сечении II-II, которое идет параллельноплоскости П1. Положение оси сверла по отношении к оси шлифовального круга определяется растением «а», измеряемым на плоскости $П_1$. Расстояние “а” - это расстояние между осью сверла и осью шлифовального круга, которое измеряется по перпендикуляру к оси сверла и проходит через периферийную точку режущей кромки сверла. Рассмотрим произвольную точку А режущей кромки, положение которой в проекции на плоскость П2 характеризуется размером «*l*». Через точку А режущей кромки проведено сечение I-I, перпендикулярно оси шлифовального круга. Сечение I-I пересекается с рабочей фасонной поверхностью шлифовального круга по окружности, которая проходит через точку А, радиус которой равен R_i. Окружность радиуса R_i формирует заднюю поверхность в точку А в сечении I-I.

Положение касательной АЕ к окружности радиуса Ri определяет инструментальный задний угол α_iв точке А режущей кромки в сечении I-I.

В соответствии с построением величина инструментального заднего угла α_iбудет равна:

$$tg\alpha_i = \frac{\boldsymbol{h} + r}{a\cos\varepsilon - l}.$$

Радиус R_i будет равен:

$$R_i = \frac{\boldsymbol{h} + r}{sin\alpha_i}.$$

Определяем угол при вершине φ_kв точке А режущей кромки. В плоскости XY проведем вектор $\overline{P},$ касательный к профилю шлифовального круга:

$$\overline{P} = \bar{\imath}cos\varphi_k - \bar{\jmath}sin\varphi_k.$$

Где угол φ_k определяется по зависимости:

$$cos\varphi_k = \frac{b - R_i}{\rho_k},$$

где “b” – расстояние от оси круга до центра C_1 окружности профиля круга.

Вектор, идущей по АЕ будет: $\overline{\mathbf{AE}} = \overline{k}$. Вектор $\overline{\mathbf{AB}}$, идущий по касательной к режущей кромке, будет:

$$\overline{AB} = -\bar{\imath}ctg(\varphi - \varepsilon) + \bar{\jmath}cos\alpha_i - Rsin\alpha_i.$$

Так как три вектора лежат в плоскости, касательной к задней поверхности сверла в исследуемой точке А, то их векторное скалярное равно нулю. Следовательно:

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ \sin\varphi_k & -\sin\varphi_k & 0 \\ -ctg(\varphi - \varepsilon) & \cos\alpha_i & -\sin\alpha_i \end{vmatrix} = \mathbf{0}.$$

Раскрывая определитель получим:

$$cos\varphi_k cos\alpha_i - sin\varphi_k \mathbf{ctg(\boldsymbol{\varphi} - \boldsymbol{\varepsilon})} = \mathbf{0}.$$

Отсюда:

$$\mathbf{tg}(\boldsymbol{\varphi}-\boldsymbol{\varepsilon})=\frac{\operatorname{tg}\varphi_k}{\cos\alpha_i}$$

Определим инструментальный задний угол α_i в сечении III-III, перпендикулярном оси сверла рис. 3.

В системе плоскостей проекций Π_1/Π_2 рассмотрим режущую часть сверла. Положение задней поверхности в исследуемой точке А режущей кромки, определяется линией АВ, касательной к режущей кромке, и линией АЕ, положение которой характеризуется инструментальным задним углом α_i. Через точку В режущей кромки проведена прямая BF, которая так же лежит в задней плоскости. С плоскостью проекций задняя плоскость пересекается по прямой EF.

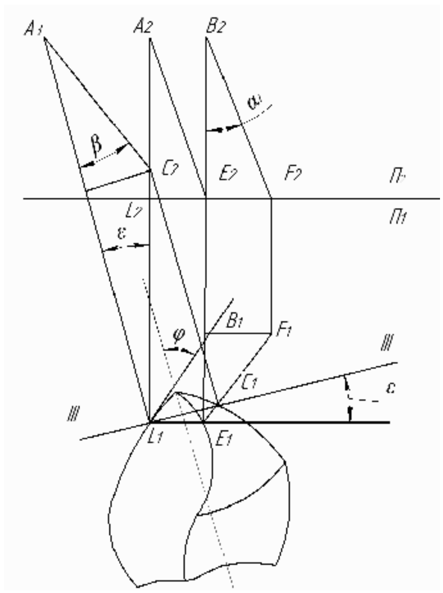

Рис. 3. Определение заднего угла в сечении перпендикулярном оси сверла

Прямая EF с сечением III-IIIпересекается в точке С. Линия АС будет линией пересечения задней поверхности и сечения III-III. Введем систему плоскости проекций $\Pi 1/\Pi 3$. Плоскость $\Pi 1/\Pi 3$ проводится параллельно сечению III-III. По правилу перемены плоскостей проекций определяется проекция A_3C_3 прямой АС на плоскость . Положение прямой A_3C_3 определяет величину инструментального заднего угла α_i в поперечном сечении, перпендикулярном оси сверла. Рассматривая графическое решение получим: $A_1E_1=A_2L_2tg\alpha_i$. Из треугольника $A_1E_1C_1$ по теореме синусов, определяется величина A_1C_1. Тогда получим:

$$\frac{A_1E_1}{cos\varphi}=\frac{A_1C_1}{cos(\varphi-\varepsilon)}$$

откуда:

$$A_1C_1=\frac{A_1E_1cos(\varphi-\varepsilon)}{cos\varphi}.$$

Таким образом $$tg\alpha_i=\frac{A_1C_1}{A_2L_2}=\frac{A_2L_2tg\alpha_icos(\varphi-\varepsilon)}{A_2L_2cos\varphi}.$$

Зная угол α_i и φ_k по известным зависимостям [1, 4] определяются геометрические параметры вдоль режущей кромки сверла.

4. Заключение

Рассмотрен способ формирования задней поверхности сверла копированием фасонным шлифовальным кругом, профиль которого очерчен дугой окружности, при параллельных осях круга и сверла.

Определены геометрические параметроврежущей части сверла при заданном положении сверла относительно шлифовального круга.

Решена так же обратная задача и определено положение сверла относительно шлифовального круга, а так же размеры его профиля при выбранных геометрических параметрах режущей части сверла. Проанализирован способ заточки сверла копированием при =наклонной установке оси сверла по отношению к оси фасонного шлифовального круга. Выведены зависимости для расчета геометрических параметров режущей части сверла при известном положении затачиваемого сверла относительно шлифовального круга.

Список литературы:

1. Родин П.Р. Геометрия режущей расти спирально сверла / П.Р. Родин. – К.: Техніка, 1971. – 136 с.
2. Сверло с криволинейными режущими кромками: А. с. № 715228 (СССР) / Кунцак Я.В., Венерак В.И., Сенчишак К.М. – опубл. в Б.И. 1980, №5.
3. Фасонное сверло: А. с. №1046038 (СССР) / Родин П.Р., Татаренко В.И., Ребановский Я.И., Станиславский В.Н., Равская Л.В. - опубл. в Б.И. 1984, №2.
4. Родин П.Р. Сверла с выпуклыми радиусными кромками / П.Р. Родин, Л.В. Равская // Резание и инструмент. - № 24. – 1980. - С. 23-84.
5. Способ заточки сверл: А. с. № 1162572 (СССР) / Родин П.Р., Фигурин Ю.И., Равская Л.В. - опубл. в Б.И. 1985, №9.

Надійшла до редакції 22.02.2014

Н.С. Равська, Л.І. Ковальова, А.П. Оробченко

ФОРМУВАННЯ ЗАДНЬОЇ ПОВЕРХНІ СВЕРДЕЛ З РАДІУСНОЮ ЗАТОЧКОЮ СПОСОБОМ КОПІЮВАННЯ

У цій статті розглянуто спосіб формування задньої поверхні свердла методом копіювання фасонним шліфувальним кругом, профіль якого окреслено дугою кола, при паралельних осях кола і свердла. Виведено математичні залежності для розрахунку геометричних параметрів ріжучої частини свердла з використанням радіусної заточки. Вирішені пряма і зворотна задачі. Пряма: розрахунок геометричних параметрів ріжучої частини свердла при відомих положеннях установки його відносно фасонного шліфувального круга. Зворотна: визначення положення свердла відносно круга і радіусу його профілю при заданих геометричних параметрах свердла.

Ключові слова: *свердло, стійкість, радіусна ріжуча кромка, заточка.*

N. Ravska, L. Kovalieva, A. Orobchenko

FORMING BACK SURFACE DRILLS WITH RADIUS SHARPENING USING COPY METHOD

This publication describes a method of forming back-side surface of practical drills by copying with a wheel whose profile is outlined by circle arc, with parallel axes of circles and drills. Mathematical formulas for calculating geometrical parameters of the cutting hole using radius sharpening are derived. Direct and inverse problems are solved.

Keywords: *drill resistance, radius cutting edge, sharpening.*