

УДК 621.91:678.5:681.3

**В.И. Солодкий**, канд. техн. наук, доц., **А.В. Глоба**, канд. техн. наук, доц.,**И.А. Булах**, аспирант*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», Киев, Украина  
Тел./Факс: +38(044)236-79-89; E-mail: [post@kpi.ua](mailto:post@kpi.ua),*

## **ПРОФИЛИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЕРЛ, ОБРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

*В работе рассмотрены области применения полимерных композиционных материалов (ПКМ), а также распространенность различных методов механической обработки. Проанализирована возможность обработки ПКМ стандартными спиральными сверлами, указана невозможность обеспечить заданное качество поверхности при помощи такого инструмента. Разработана методика профилирования инструмента для изготовления нестандартных сверл для обработки ПКМ. Рассмотрены случаи обработки поверхности резцом и дисковым инструментом.*

**Ключевые слова:** полимерный композиционный материал, сверление, профилирование инструмента, резец, дисковый инструмент.

### **1. Введение**

В современном машиностроении все большее развитие получает применение композиционных материалов. Эти материалы применяются по нескольким причинам, в частности это высокая жесткость и прочность при относительно небольшом весе, что очень актуально для авиапромышленности, где уменьшение массы самолета значительно снижает расход топлива. Предел выносливости композиционных материалов значительно выше, чем у некоторых металлов. Композиты характеризуются низким коэффициентом теплового расширения, что обеспечивает стабильность их размеров [1].

Производство композитов занимает меньше времени и деталь можно создать сразу нужной формы, что невозможно в металлах. Композиционные материалы широко применяются в автомобильной промышленности, самолето-, судостроении и т.д. На диаграмме (рис. 1) показано процентное соотношение использования композитов в различных отраслях промышленности.

Например, при построении самолетов композиты применяются для элементов обшивки фюзеляжа и интерьера, модулей и панелей крыла, закрылков, элементов хвостовой части. Механическая обработка композиционных материалов необходима для достижения желаемого качества поверхности, получения сложных конфигураций изделий. Механическая обработка применяется при разрезании изделий до нужных размеров, а также при получении образцов, с помощью которых определяются физико - механические характеристики готовых изделий.

Одновременно с расширением применения ПКМ происходит интенсивное развитие методов их обработки. При изготовлении изделий из высокопрочных полимерных композиционных материалов применяют следующие виды механической обработки: точение, сверление и развертывание, фрезерование, распиливание, шлифование, и нарезание резьбы. Одной из наиболее частых операций механической обработки композиционных материалов является сверление отверстий. На диаграмме представлено их процентное соотношение (рис. 2).

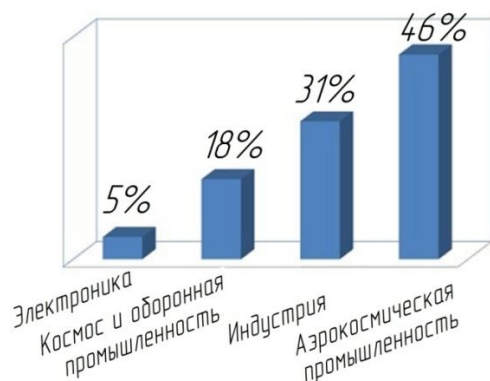


Рис. 1 Применение композитов в промышленности

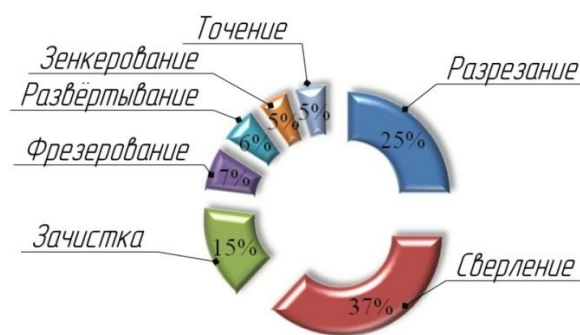


Рис. 2 Структура механической обработки ПКМ

Несмотря на широкое распространение ПКМ, необходимо учитывать при обработке некоторые их недостатки. В частности это дороговизна производства КМ, зависимость их температурной стойкости от материала связующего матрицы. Композиционные материалы являются гигроскопическими, это влияет на процесс обработки и поведение изделий из КМ при эксплуатации. Из-за гигроскопичности КМ не рекомендуется применение СОЖ, это приводит к необходимости тщательного подбора и оптимизации геометрии инструмента для обработки без повышения температуры в зоне резания и для избегания расслоения. Для композитов нужно учитывать такие параметры, как толщина материала, требования к качеству и точности отверстия при обработке, вид материала. Для каждого вида материала нужен индивидуальный подход к геометрии инструмента. Ещё одним требованием при сверлении ПКМ является характер стружки. Пылевидная стружка затруднит её отвод из зоны резания при обработке. Также подбор и оптимизация геометрии инструмента позволит повысить его стойкость. Это является более выгодным путём повышения стойкости инструмента, чем подбор инструментальных материалов.

Большинство современных конструкций спиральных сверл, которые успешно применяют при обработке металлов, оказались непригодными для обработки композиционных материалов. Работоспособность нестандартных свёрл при обработке ПКМ была показана в работах [2-5].

Целью настоящей работы является разработка методик профилирования инструмента для изготовления нестандартных сверл, применяемых при обработке композиционных материалов.

## 2. Основное содержание и результаты работы

При изготовлении сверл основным требованием, которое является к его геометрическим параметрам, являются форма режущих кромок и параметры стружечной канавки. Следует отметить, что форма режущей кромки сверла определяется как след пересечения задней поверхности, рабочей части сверла, и винтовой поверхности сверла. Следовательно, форма режущей кромки зависит от формы винтовой поверхности канавки. В свою очередь, форма винтовой поверхности однозначно характеризуется формой ее торцевого сечения, зная которое можно осуществить профилирование инструмента для формообразования винтовой поверхности стружечной канавки [6].

**Сечения винтовой канавки сверла.** Будем считать известными: угол  $2\varphi$  при вершине сверла; угол  $\omega$  наклона стружечной канавки на ее внешнем диаметре; наружный

диаметр  $D$  сверла; окружность радиуса  $r_o$  соответствует диаметру сердцевины сверла. Для простоты дальнейших исследований примем форму режущей кромки прямолинейной.

Введем систему правую координат  $X_T Y_T Z_T$ . Ось  $Y_T$  совпадает с осью сверла и направлена в сторону его рабочей части (рис. 3). Прямая  $KC$  это проекции режущей кромки на координатную плоскость  $X_T Y_T$  перпендикулярную к оси инструмента и плоскость  $X_T Z_T$ , которая параллельна оси инструмента и совпадает с последней. Ось  $X_T$  проходит через точку  $C$ , которая является точкой пересечения режущей кромки с наружным диаметром сверла. Точка  $C$  – это вершина уголка сверла.

Профиль торцевого сечения сверла будем определять в плоскости  $T-T$  расположенной перпендикулярно к оси  $Z_T$  на произвольном расстоянии  $l_T$  от вершины  $K$  инструмента.

Рассмотрим произвольную точку  $M$  принадлежащую режущей кромке. Для того чтобы переместить точку  $M$  режущей кромки в торцевую плоскость  $T-T$  (точка  $M_T$ ), исследуемая точка  $M$  должна совершить два перемещения. Первое, вдоль оси инструмента на величину  $h$ . И второе, повернуться вокруг оси винтовой поверхности (координатной оси  $Z$ ) стружечной канавки на некоторый угол  $\Delta$ .

Соотношение между величиной перемещения  $h$  и углом поворота  $\Delta$  можно записать в виде  $\frac{H}{2\pi} = \frac{h}{\Delta}$ . Где:  $H$  – шаг винтовой канавки стружечной канавки сверла. В свою очередь шаг  $H$  винтовой канавки сверла можно определить как  $H = \pi D \text{ctg } \omega$ .

Таким образом, для того чтобы перенести произвольную точку  $M$  принадлежащую режущей кромке в торцевую плоскость  $T-T$  необходимо. Определить параметр  $h$  и рассчитать величину угла поворота  $\Delta$  по приведенной выше формуле.

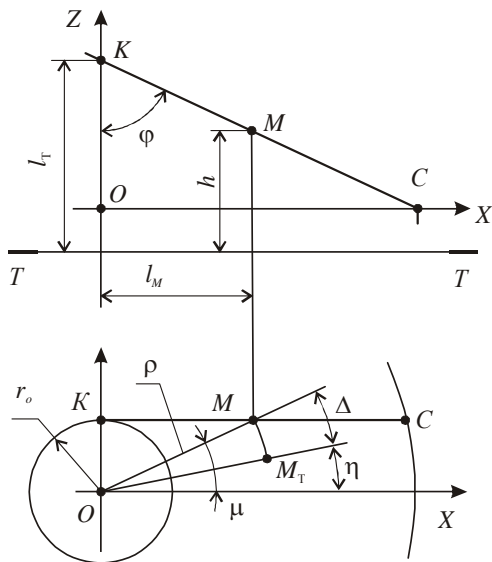


Рис. 3. Торцевое сечение

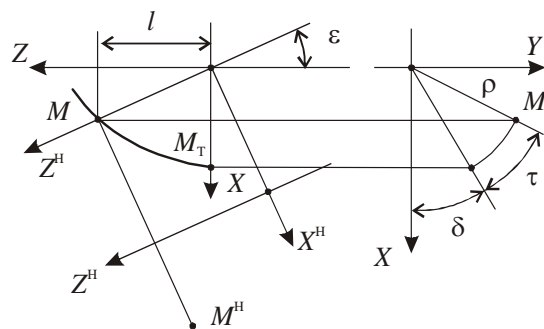


Рис. 4. Наклонное сечение

Определим параметр  $h$ , для чего будем задавать ряд последовательных значений радиуса  $\rho$ , на котором расположена расчетная точка  $M$  режущей кромки. Зная радиус  $r_o$  сердцевины сверла, и приняв фиксированное значение радиуса  $\rho$ , можно определить величину  $h$  как

$$h = l_T - \frac{l_M}{\operatorname{tg}\varphi}, \quad l_M = (\rho^2 - r_o^2)^{1/2}. \quad (1)$$

Откуда окончательно получим

$$\Delta = \frac{2\pi h}{H} = \frac{2\pi \left( l_T - \frac{l_M}{\operatorname{tg}\varphi} \right)}{\pi D \operatorname{ctg}\omega} = \frac{2\pi \left( l_T - \frac{(\rho^2 - r_o^2)^{1/2}}{\operatorname{tg}\varphi} \right)}{\pi D \operatorname{ctg}\omega}. \quad (2)$$

Перейдем к определению координат точки  $M_T$  торцевого сечения в координатной плоскости  $X_T Y_T$ . В полярной системе координат положение точки  $M_T$  можно определить полярным радиус-вектором и углом  $\eta$ . Параметр  $\rho$  нам известен так его величина задавалась в начале расчетов. Угол  $\eta$  можно определить как

$$\eta = \mu - \Delta, \quad \sin \mu = \frac{r_o}{\rho}. \quad (3)$$

Тогда координаты точки  $M_T(x_T; y_T)$  торцевого сечения можно определить как

$$x_T = \rho \cos \eta, \quad y_T = \rho \sin \eta. \quad (4)$$

Таким образом, задавая последовательно ряд значений параметра  $\rho$  можно рассчитать координаты точек стружечной канавки сверла, которая формирует режущую кромку инструмента. Нерабочую часть канавки (спинки) обычно оформляют в виде дуги окружности.

В производстве достаточно часто профиль винтового элемента инструмента нормируют в некотором наклонном сечении. Обычно это сечение перпендикулярное стружечной канавке. В связи с этим рассмотрим методику определения профиля винтовой поверхности (стружечной канавки) в сечении, наклоненном относительно оси инструмента на произвольный угол  $\sigma$ . Исходными параметрами примем профиль торцевого сечения винтовой поверхности (стружечной канавки) [7].

Координатная плоскость  $X_T Y_T$  (рис. 4) соответствует торцевому сечению стружечной канавки, определение которого рассмотрено выше. Ось  $Z_H$  совпадает с наклонным сечением, в котором расположен искомый профиль стружечной канавки.

Точка  $M_T$  это произвольная точка торцевого сечения винтовой поверхности. При ее перемещении по винтовой траектории  $T_M$  она пересечет наклонную плоскость в точке  $M_H$ . При этом расчетная точка  $M$  переместится вдоль оси винтовой поверхности (оси инструмента) на величину  $l$ . Одновременно она совершит поворот вокруг оси инструмента на угол  $\tau$ .

Расстояние  $l$  можно определить по одной из двух зависимостей

$$l = p \tau, \quad l = \frac{\rho \cos(\delta + \tau)}{\operatorname{tg}\sigma}. \quad (5)$$

Где:  $p = \frac{H}{2\pi}$  – винтовой параметр винтовой поверхности стружечной канавки;  $\rho$  и  $\delta$  – соответственно радиус-вектор и полярный угол расчетной точки  $M_T$  в торцевом сечении;  $\sigma$  – угол между осью инструмента (винтовой поверхности) и наклонным сечением.

Приравняв полученные для параметра  $l$  выражения, получим уравнение

$$p \tau = \frac{\rho \cos(\delta + \tau)}{\operatorname{tg}\sigma}. \quad (6)$$

Полученное выражение можно переписать в виде уравнения

$$\frac{\rho \cos(\delta + \tau)}{\operatorname{tg} \sigma} - p\tau = 0. \quad (7)$$

Решив полученное трансцендентное уравнение относительно параметра  $\tau$  можно рассчитать координаты кривой наклонного сечения винтовой поверхности (стружечной канавки) по формулам

$$z_n = \frac{p\tau}{\cos \sigma}, \quad y_n = \rho \sin(\delta + \tau). \quad (8)$$

Таким образом, зная геометрические параметры режущей части инструмента (сверла) можно определить характер профиля винтовой стружечной канавки в торцевом или в произвольном сечении.

### 3. Профилирование.

Профилирование инструмента для формообразования винтовой стружечной канавки зависит от способа ее образования. Теоретически возможно два способа обработки винтовой стружечной канавки – фасонным резцом на токарном станке; фасонным дисковым инструментом (фрезой или абразивным кругом).

**Обработка резцом.** В случае образования винтовой стружечной канавки фасонным резцом на токарном станке, форму режущей кромки можно принимать идентичной форме наклонного сечения винтовой канавки. Резец располагают таким образом, чтобы его плоская передняя поверхность располагалась под углом  $\sigma$  относительно оси сверла. Тогда профиль резца можно определить как координаты  $z_n, y_n$  наклонного сечения рассмотренные ранее.

Общая методика профилирования фасонного токарного резца может быть такой

- на режущей кромке сверла выбираем ряд расчетных точек, для каждой из которых задаемся значением радиус-вектора  $\rho$  и по зависимостям (1,2) рассчитываем параметр  $\Delta$ , Результатом проведенных расчетов будет профиль торцевого сечения стружечной канавки соответствующей режущей кромке сверла;

- оформляем нерабочую часть канавки (спинку канавки) в виде части дуги;

- принимаем величину угла  $\sigma$  углу наклона передней плоской поверхности резца относительно оси детали (в данном случае - сверла). Обычно угол  $\sigma$  принимают равным  $\frac{\pi}{2} - \omega$ ;

- далее, по зависимостям (8) рассчитываем профиль винтовой стружечной канавки в наклонном сечении и принимаем его за профиль режущей кромки токарного фасонного резца.

Положительной стороной формообразования винтовой стружечной канавки является практически гарантированное отсутствие нарушение условий формообразования и простота изготовления фасонного стержневого токарного резца. В тоже время, реализовать данный способ сложно чисто технологически – необходимо использовать подачи в диапазоне 100...150 мм/об равные шагу винтовой стружечной канавки сверла.

**Обработка дисковым инструментом.** В качестве дискового инструмента для формообразования винтовой стружечной канавки сверла можно использовать фасонную фрезу или абразивный инструмент.

Введем две системы координат рис. 5 начала которых совпадают. Система координат  $X^d Y^d Z^d$  связана с деталью, в данном случае это сверло. Ось  $Z^d$  совпадает с осью детали (будущего сверла), координатная плоскость  $X^d Y^d$  совпадает с торцевым сечением сверла. Профиль винтовой стружечной канавки сверла известен и задан в координатной плоскости  $X^d Y^d$ .

Система  $X^I Y^I Z^I$  связана с инструментом, который образует стружечную канавку сверла. Координатная ось  $Z^I$  совпадает с осью вращения дискового фасонного инструмента и составляет с осью  $Z^D$  заготовки угол  $\varepsilon$ . Координатная плоскость  $X^D Y^D$  совпадает с торцевым сечением дискового фасонного инструмента.

Рассмотрим произвольную точку  $M$  принадлежащую торцевому профилю стружечной канавки. На координатной плоскости  $X^I Y^I$  ей соответствует точка  $M_T$ . Положение расчетной точки определяют полярные координаты  $\rho$  и  $\delta$ . Радиус-вектор  $\rho$  отсчитывается от оси заготовки. Полярный угол  $\delta$  отсчитывается от оси  $X^I$  в направлении против часовой стрелки.

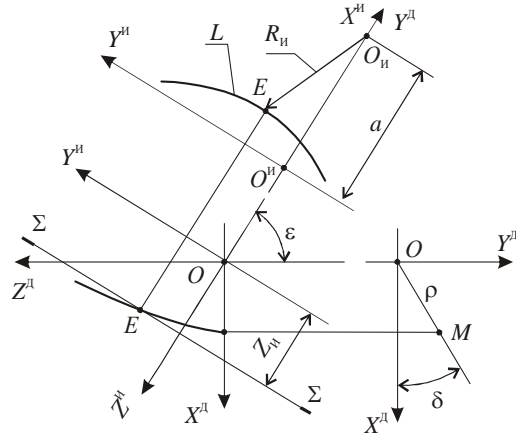


Рис. 5. Сечение винтовой поверхности

Поверхность стружечной канавки можно представить как совокупность винтовых траекторий расчетных точек торцевого сечения стружечной канавки. Тогда уравнение винтовой поверхности канавки можно представить в виде системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} x^D &= \rho \cos(\delta + t) \\ y^D &= \rho \sin(\delta + t) \\ z^D &= pt \end{aligned} \right\}, \quad p = \frac{H}{2\pi}. \quad (9)$$

где:  $H$  – осевой шаг винтовой стружечной канавки;  $p$  – параметр винтовой поверхности;  $t$  – переменный угловой параметр, который выражается в радианах.

Для того чтобы определить профиль дискового фасонного инструмента будем рассекать винтовую поверхность стружечной канавки сечениями  $\Sigma$ - $\Sigma$  расположенными перпендикулярно к оси  $Z^I$  дискового инструмента. Каждое такое сечение образует с винтовой поверхностью стружечной канавки линию пересечения  $L$ . Кратчайшее расстояние от точки  $O_i$  оси инструмента будет равно расстоянию  $r_i$  от оси до точки фасонного профиля дискового фасонного инструмента. Совокупность координат  $z_i r_i$  образует профиль дискового инструмента в его радиальном сечении.

Система уравнений (9) применительно к одной расчетной точке  $M_T$  описывает винтовую траекторию  $T_m$  этой точки в системе координат  $X^D Y^D Z^D$ .

Выполним переход от системы координат  $X^D Y^D Z^D$ , связанной с деталью, к системе координат  $X^I Y^I Z^I$  которая связана с инструментом. Формулы перехода примут вид

$$\begin{aligned} x^I &= y^D, \\ y^I &= -x^D \cos \varepsilon + z^D \sin \varepsilon, \\ z^I &= x^D \sin \varepsilon + z^D \cos \varepsilon. \end{aligned} \quad (10)$$

Или в развернутом виде

$$\begin{aligned}x^И &= \rho \sin(\delta + t), \\y^И &= -\rho \cos(\delta + t) \cos \varepsilon + pt \sin \varepsilon, \\z^И &= \rho \cos(\delta + t) \sin \varepsilon + pt \cos \varepsilon.\end{aligned}\quad (11)$$

Полученная система уравнений (11) описывает кривую сечения  $L$  при фиксированном значении координаты  $z^И$ .

Следовательно, зная полярные координаты  $\rho$  и  $\delta$  расчетной точки  $M_T$  и выбрав некоторое фиксированное значение параметра  $z^И$ , можно по ур. (11) определить переменный параметр  $t$ , который соответствует моменту пересечения винтовой траектории  $T_M$  с секущей плоскостью  $\Sigma$ - $\Sigma$ .

Таким образом, для того чтобы получить координаты линии  $L$  пересечения винтовой поверхности стружечной канавки и секущей плоскости  $\Sigma$ - $\Sigma$  необходимо:

- задать массив расчетных точек  $M_T$  с известными массивами полярных координат  $\rho$  и  $\delta$ ;
- задать значение параметра  $z^И$  с учетом знака;
- для каждой расчетной точки  $M_T$  решить уравнение (11) относительно переменного параметра  $t_m$  выраженного в радианах;
- зная параметры  $t_m$  по (11) рассчитать координаты  $y_M^И, x_M^И$  для каждой расчетной точки  $M_T$ .

Совокупность параметров  $y_M^И, x_M^И$  описывает координаты кривой  $L$  в системе координат связанных с инструментом.

Рассмотрим последовательность решения уравнения (11) относительно параметра  $t$ . Уравнение

$$z^И = \rho \cos(\delta + t) \sin \varepsilon + pt \cos \varepsilon \quad (12)$$

является трансцендентным относительно искомого параметра. Перепишем его в виде

$$\begin{aligned}t &= \frac{z^И}{p \cos \varepsilon} - \frac{\sin \varepsilon}{p \cos \varepsilon} \rho \cos(\delta + t) = K_1 - K_2 \rho \cos(\delta + t), \\K_1 &= \frac{z^И}{p \cos \varepsilon}, \quad K_2 = \frac{\sin \varepsilon}{p \cos \varepsilon}.\end{aligned}\quad (13)$$

Если абсолютная величина выражения  $|K_2 \rho| < 1$  при принятых для расчетной точки параметрах, то переменный параметр  $t$  можно определить итерационным методом по формуле

$$t_{i+1} = \frac{z^И}{p \cos \varepsilon} - \frac{\sin \varepsilon}{p \cos \varepsilon} \rho \cos(\delta + t_i) = K_1 - K_2 \rho \cos(\delta + t_i) \quad (14)$$

принимая  $t_0 = 0$ .

В противном случае, если выражение  $|K_2 \rho| > 1$  решить уравнение (13) относительно параметра  $t$  можно приближенным способом. Преобразуем уравнение (12) к виду

$$-z^И + pt \cos \varepsilon + \rho \cos t \cos \delta \sin \varepsilon - \rho \sin t \sin \delta \sin \varepsilon = 0 \quad (15)$$

На практике параметр  $t$  не превышает значения 0,2 радиана. В этом случае значение тригонометрической функции  $\sin(t)$  можно принять равным значению  $t$ . Для значения  $t = 0.2$  рад значение функции  $\sin(t) = \sin(0.2) = 0.198669$ . Максимальное отклонение составляет 0,67%. При значении  $t=0.1$  радиана, отклонение от реального значения функции  $\sin(t)$  составит 0,166%.

Аналогично, исходя из приведенных выше соображений можно принимать  $\cos(t) \approx 1$ . Так при значении  $t = 0,2$  получим функцию  $\cos(0,2) = 0,98$ . Следовательно, приняв  $\cos(t) = \cos(0,2) = 0,98 = 1$ , получим погрешность 2%.

Таким образом, приравняв  $\sin(t) = t$  и  $\cos(t) = 1$  уравнение (15) можно переписать в более простом виде

$$-z^{\text{II}} + pt \cos \varepsilon + \rho \cos \delta \sin \varepsilon - pt \sin \delta \sin \varepsilon = 0. \quad (16)$$

Решив которое относительно параметра  $t$  получим

$$t = \frac{z^{\text{II}} - \rho \cos \delta \sin \varepsilon}{p \cos \varepsilon - \rho \sin \varepsilon}. \quad (17)$$

Приведенные выше математические допущения можно обосновать тем, что к профилю стружечной канавки не предъявляются высокие требования относительно ее точности. Нерабочая часть канавки (ее спинка) описывается произвольной дугой окружности, а рабочая часть канавки образующая режущую кромку обычно подвергается подтачиванию.

Таким образом, найдя параметр  $t$  и подставив его значение в (11) можно определить координаты  $x_E^{\text{II}} y_E^{\text{II}}$  точки  $E$  расположенной на линии  $L$ . Искомая точка  $E$  есть точка пересечения поверхности винтовой стружечной канавки и сечения  $\Sigma$ - $\Sigma$  проведенного на заданном расстоянии  $z^{\text{II}}$ .

Расстояние  $R_{\text{и}}$  от точки  $E$  до центра  $O_{\text{и}}$  оси вращения инструмента и будет расстоянием до точки профиля инструмента. Расстояние  $R_{\text{и}}$  можно определить как

$$R_{\text{и}} = \left( (a - x_{\text{M}}^{\text{II}})^2 - (y_{\text{M}}^{\text{II}})^2 \right)^{1/2}. \quad (18)$$

Совокупность величин  $R_{\text{и}}$  и  $z_{\text{и}}$  будет координатами профиля дискового фасонного инструмента в его осевом сечении.

Последовательность определения профиля дискового фасонного инструмента для формообразования стружечных винтовых канавок сверла может быть такой:

- на режущей кромке сверла выбираем ряд расчетных точек;
- определяем координаты торцевого сечения стружечной канавки;
- принимаем фиксированное значение параметра  $z_{\text{и}}$  и решаем одним из рассмотренных способов уравнение (12) относительно параметра  $t$  для каждой расчетной точки;
- по (11) рассчитываем координаты  $x_E^{\text{II}} y_E^{\text{II}}$  точек  $E$  описывающих линию  $L$  пересечения поверхности стружечной канавки и сечения  $\Sigma$ - $\Sigma$ ;
- для принятого  $z_{\text{и}}$  рассчитываем массив значений параметра  $R_{\text{и}}$ . Его минимальное значение и будет искомой величиной;
- совокупность фиксированных значений  $z_{\text{и}}$  и соответствующих им минимальным значениям  $R_{\text{и}}$  даст искомый профиль дискового фасонного инструмента в его осевом сечении.



Достоинством формообразования винтовой поверхности стружечной канавки сверла при помощи дискового фасонного инструмента является высокая производительность процесса обработки. В тоже время, практика использования такого инструмента показала, что практически во всех случаях обработки присутствует нарушение условий формообразования. Как правило, происходит подрезание одной из боковых сторон канавки.

Полученные результаты можно использовать при профилировании инструмента второго порядка при изготовлении сверл нестандартной конструкции применяемых для обработки композиционных материалов.

В работах [1-5] описаны результаты исследований нестандартных свёрл при обработке ПКМ. Это двухступенчатое сверло, а так же осциллирующее сверло для двунаправленного сверления (рис.7 а,б).



а. Двухступенчатое сверло



б. Осциллирующее сверло

Рис. 6. Нестандартные свёрла для обработки ПКМ

Использование инструмента данных конструкций позволило повысить качество отверстий, стойкость инструмента, снизить температуру в зоне резания.

#### 4. Заключение

В связи с возрастанием применения ПКМ в разнообразных отраслях промышленности, появлением новых видов ПКМ и повышением требований к качеству поверхности, актуальным является усовершенствование конструкций осевого инструмента (в частности свёрл) с учётом строения обрабатываемого материала. Так же необходимо учитывать некоторые недостатки КМ. В частности это дороговизна производства композитов, зависимость их температурной стойкости от материала связующего матрицы, гигроскопичность. Невозможность применения СОЖ приводит к необходимости тщательного подбора и оптимизации геометрии инструмента для обработки без повышения температуры в зоне резания и для избегания расслоения. Для композитов нужно учитывать такие параметры, как толщина материала, требования к качеству и точности отверстия при обработке, вид материала. Для каждого вида материала нужен индивидуальный подход к геометрии инструмента. Ещё одним требованием при сверлении ПКМ является характер стружки. Пылевидная стружка затруднит её отвод из зоны резания при обработке. Также подбор и оптимизация геометрии инструмента позволит повысить его стойкость. Это является более выгодным путём повышения стойкости инструмента, чем подбор инструментальных материалов.

Для достижения высокого качества отверстий в ПКМ обычные осевые свёрла непригодны, поэтому разрабатываются новые нестандартные конструкции инструмента. Таким образом, результат данной работы:

1. Подана разработка методики и методологии профилирования инструмента для изготовления нестандартных сверл, применяемых при обработке композиционных материалов.
2. Рассмотрены случаи обработки резцом и дисковым инструментом.

Разработанная методика позволит получить профиль инструмента для изготовления нестандартного осевого инструмента сложной геометрии и повысит качество обработки поверхности ПКМ.

### **Список литературы**

1. Булах І.О., Глоба О.В. Механічна обробка композиційних матеріалів, - Вісник ЧДТУ, серія Технічні науки, - Чернігів: ЧДТУ, 2012. - №2 (57), С. 18-24.
2. Globa A., Bulakh I., The research of the polymer composit materials drilling – Machines, technologies, materials – International virtual journal for science, technics and innovations for the industry, - Year VII, Issue 9/2013 ISSN 1313-0226, Scientific Technical union of mechanical engineering, Sofia, Bulgaria, 2013, P. 41-44.
3. Глоба О.В., Булах І.О., Милокост С.М. Дослідження якості процесу свердління ПКМ з застосуванням осцилюючого руху інструменту – Збірник наукових праць Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем №32, Краматорськ, ДГМА, 2013 р., С. 56 – 62.
4. Глоба О.В., Булах І.О. Дослідження якості отворів при обробці вуглепластика різними конструкціями різального інструменту – Збірник наукових праць Вісник СевНТУ, №140 Севастополь, 2013 р., С. 21 – 26.
5. Глоба О.В., Булах І.О., Милокост С.М. Вплив геометрії свердла на його стійкість і точність виконання отворів при свердлінні композиційних матеріалів, - журнал «Технологічні системи» УкрНДІАТ, №2 (63), Київ, 2013 р., С. 48 – 56.
6. Родін П.Р. Різальний інструмент у прикладах і задачах / [П.Р. Родін, Н.С. Равська, Л.І. Ковальова, Р.П. Родін]. - Київ, “Вища школа”, 1994, 294 с.
7. Равська Н.С. Різальний інструмент: Лабораторний практикум / [Н.С. Равська, П.Р. Родін, П.П. Мельничук, В.І. Солодкий, Р.П. Родін]. – Житомир, ЖІТІ, 2002 – 298 с.

Надійшла до редколегії 26.02.2014

### **V.I. Solodkiy, O.V. Globa, I.O. Bulakh ПРОФІЛЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СВЕРДЕЛ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*У роботі розглянуті області застосування полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), а також розповсюдженість різних методів механічної обробки. Проаналізовано можливість обробки ПКМ стандартними спіральними свердлами, вказано на неможливість забезпечити задану якість поверхні за допомогою такого інструменту. Розроблено методику профілювання інструменту для виготовлення нестандартних свердел для обробки ПКМ. Розглянуто випадки обробки поверхні різцем і дисковим інструментом.*

**Ключові слова:** полімерний композиційний матеріал, свердління, профілювання інструменту, різець, дисковий інструмент.

### **V.I. Solodkiy, A.V. Globa, I.A. Bulakh PROFILING TOOL FOR MAKING DRILLS FOR MACHINING THE COMPOSITE MATERIALS**

*The application of polymeric composite materials (PCM), and the prevalence of the various machining methods are considered in the paper. The possibility of processing PCM by standard twist drills is analysed, the inability to ensure the quality of a surface using such a tool is given. The technique of profiling tool for making custom drills to handle PCM is done. The cases of the surface treatment by the blade and the disk tool are examined.*

**Keywords:** composites, drilling, profiling tool, cutter, disc tool.