

Формообразование режущей части сверл с подрезающими режущими кромками для обработки композиционных материалов

Киевский авиационный техникум
Национальный технический университет «КПИ»
Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» им. Н. Е. Жуковского

Рассмотрены способы заточки сверл с подрезающими режущими кромками стандартными шлифовальными кругами, которые одновременно образуют форму двух смежных задних поверхностей зубьев сверла, при этом одна из смежных поверхностей сверла образуется периферией цилиндрического шлифовального круга или его торцевой плоскостью. Даны методические рекомендации по определению положения сверла и приведены расчёты углов установки при его заточке.

Ключевые слова: геометрические параметры, задние поверхности, режущая часть, формообразование

Вступление

Широкое использование композиционных материалов в авиационной и ракетно-космической технике позволяет значительно улучшить технические характеристики и эксплуатационные качества изделий, снизить их массу, трудоёмкость изготовления, себестоимость и повысить долговечность.

Для получения изделий из композиционных материалов применяются почти все существующие процессы механической обработки. Механическая обработка необходима для обеспечения высокой точности, качества и требуемой формы изделий. Из-за специфических свойств композиционных материалов механическая обработка изделий отличается от существующих способов обработки металлов.

Одной из наиболее распространенных операций механической обработки изделий из таких материалов является сверление. Сверла используют как для предварительного образования отверстий под последующее зенкерование и развертывание, так и для окончательной обработки. Трудоёмкость сверлильных операций в некоторых изделиях достигает 70...80 % от общей трудоёмкости их механической обработки. Процесс сверления, пути совершенствования конструкций сверл и процессов их эксплуатации изучены

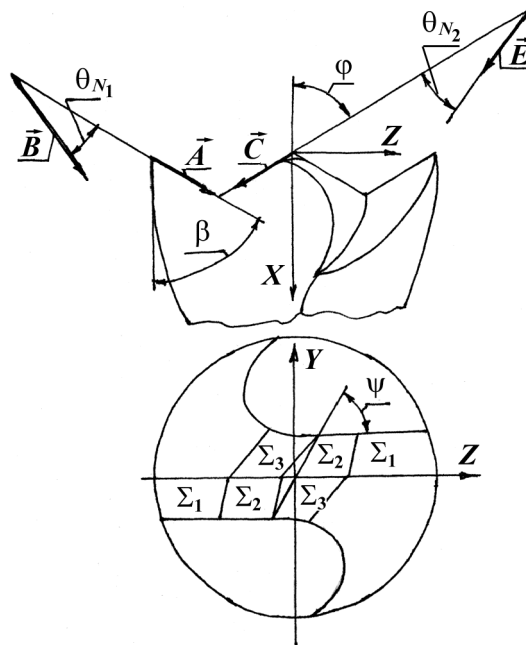


Рис. 1. Схема определения геометрических параметров режущей части сверла с подрезающими режущими кромками

недостаточно. Имеющиеся в технической литературе рекомендации по обработке композиционных материалов охватывают главным образом процессы точения и фрезерования. Исследование процесса резания композиционных материалов в основном сводится к определению их обрабатываемости и оптимальных режимов резания.

Поэтому целью этой статьи является разработка способов формообразования режущей части сверл с подрезающими режущими кромками для эффективной обработки композиционных материалов (рис. 1).

Способы заточки сверл с подрезающими режущими кромками

Заточку сверл с подрезающими режущими кромками можно выполнять на универсально-заточном станке с использованием универсально-заточной головки для установки сверла. Универсально-заточная головка позволяет поворачивать затачиваемый инструмент при установке вокруг трех взаимноперпендикулярных осей A , B и V (рис. 2).

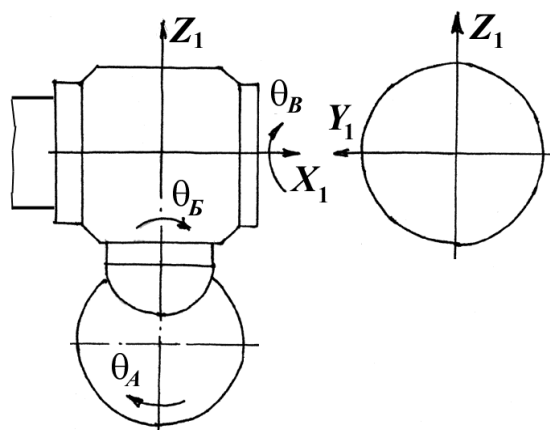


Рис. 2. Схема позиционирования сверла в универсально-заточной головке

осей A , B и V (рис. 2).

В начальный момент времени оси B и V занимают горизонтальное положение, а ось A — вертикальное. При повороте головки вокруг оси B ось V меняет свое положение; при повороте же вокруг оси A обе оси B и V меняют свое положение.

С затачиваемым инструментом свяжем систему координат XYZ , с осью V головки — систему $X_1Y_1Z_1$, с осью B головки — систему $X_2Y_2Z_2$, с осью A головки — систему $X_3Y_3Z_3$. Будем считать, что в начальный момент времени все системы координат совпадают.

Поворот головки вокруг оси B на угол θ_B вызывает поворот системы XYZ относительно системы $X_1Y_1Z_1$ на угол θ_B вокруг оси X_1 .

Формулы преобразования координат в этом случае записываем таким образом:

$$X_1 = X; Y_1 = Y \cos \theta_B + Z \sin \theta_B; Z_1 = Z \cos \theta_B - Y \sin \theta_B.$$

Поворот головки вокруг оси B на угол θ_B приводит к повороту системы $X_1Y_1Z_1$ относительно системы $X_2Y_2Z_2$ на угол θ_B вокруг оси Z_2 .

Формулы преобразования координат в этом случае имеют такой вид:

$$X_2 = X \cos \theta_B - Y_1 \sin \theta_B = X \cos \theta_B - \sin \theta_B (Y \cos \theta_B + Z \sin \theta_B);$$

$$Y_2 = Y_1 \cos \theta_B + X_1 \sin \theta_B = \cos \theta_B (Y \cos \theta_B + Z \sin \theta_B) + X \sin \theta_B;$$

$$Z_2 = Z_1 = Z \cos \theta_B - Y \sin \theta_B.$$

Поворот головки вокруг оси A на угол θ_A вызывает поворот системы $X_2Y_2Z_2$ относительно системы $X_3Y_3Z_3$ на угол θ_A вокруг оси Y_3 .

Формулы преобразования координат в этом случае записываем таким образом:

$$X_3 = X_2 \cos \theta_A + Z_2 \sin \theta_A; Y_3 = Y_2; Z_3 = Z_2 \cos \theta_A - X_2 \sin \theta_A.$$

При произвольных значениях углов θ_B , $\theta_Б$ и θ_A формулы перехода от системы XYZ к системе $X_3Y_3Z_3$ имеют следующий вид:

$$X_3 = X \cdot \cos \theta_A \cdot \cos \theta_Б - Y(\cos \theta_A \cdot \sin \theta_Б \cdot \cos \theta_B + \sin \theta_A \cdot \sin \theta_B) - Z(\cos \theta_A \cdot \sin \theta_Б \cdot \sin \theta_B - \sin \theta_A \cdot \cos \theta_B);$$

$$Y_3 = X \cdot \sin \theta_Б + Y \cdot \cos \theta_Б \cdot \cos \theta_B + Z \cdot \cos \theta_Б \cdot \sin \theta_B;$$

$$Z_3 = X(-\sin \theta_A \cdot \cos \theta_Б) + Y(\sin \theta_A \cdot \sin \theta_Б \cdot \cos \theta_B - \cos \theta_A \cdot \sin \theta_B) + Z(\cos \theta_A \cdot \cos \theta_B + \sin \theta_A \cdot \sin \theta_Б \cdot \sin \theta_B).$$

При использовании универсально-заточной головки существует множество положений, при которых могут затачиваться сверла с подрезающими режущими кромками по плоскостям. В частности, разработан способ заточки одновременно двух соприкасающихся плоскостей Σ_1 и Σ_2 фасонным шлифовальным кругом, ограниченным двумя круглыми коническими поверхностями с определенными углами при вершине, величины которых меняются при изменении геометрии режущей части сверла с подрезающими режущими кромками. Это усложняет правку кругов, их подбор и, соответственно, увеличивает общее время, необходимое для правки кругов и заточки сверла.

В целях упрощения процесса правки, подбора кругов и, соответственно, заточки сверла предложено заточку одной из смежных задних плоскостей сверла производить периферией цилиндрического круга либо торцевой плоскостью шлифовального круга.

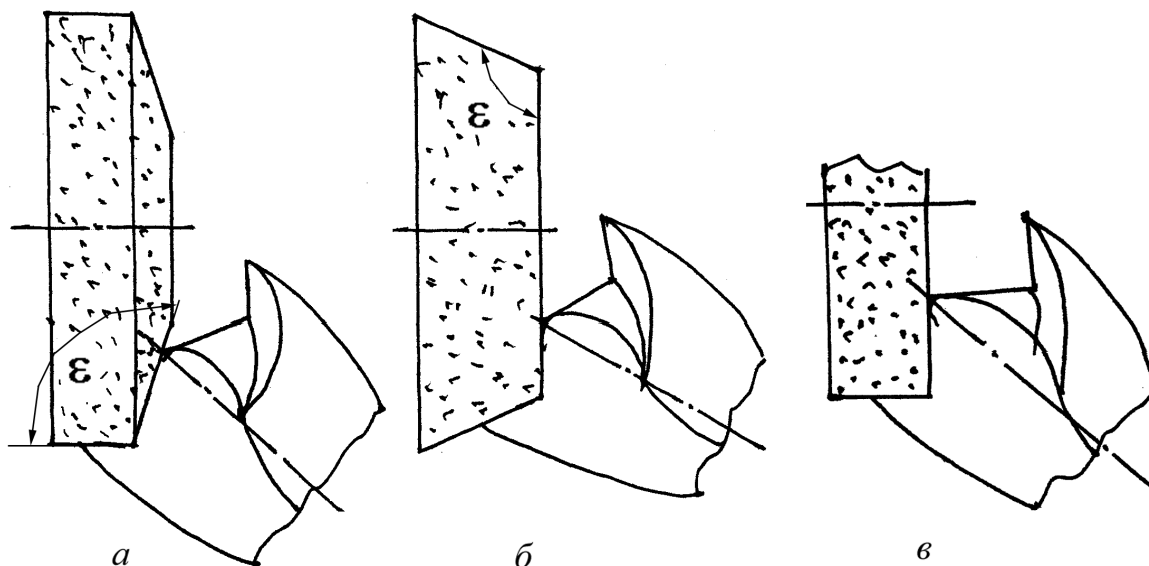


Рис. 3. Способы заточки сверл с подрезающими режущими кромками:
 а — заточка подрезающих режущих кромок периферией круга;
 б — заточка конической стороной шлифовального круга;
 в — заточка кругом прямого профиля

Схемы одновременной заточки двух смежных плоскостей зуба сверла могут быть различными (рис. 3). В первом случае (рис. 3, а) плоскость Σ_1 , примыкающая к периферийной режущей кромке, затачивается круглой наружной цилиндрической поверхностью шлифовального круга. В этом случае плоскость Σ_1 должна быть установлена в горизонтальное положение параллельно плоскости стола станка и продольной подаче и совмещена с горизонтальной плоскостью, которая касается цилиндрической поверхности шлифовального круга. Плоскость Σ_2 , примыкающая к центральной режущей кромке, затачивается конической стороной шлифовального круга.

Во втором случае (рис. 3, б) плоскость Σ_2 , примыкающая к центральной режущей кромке, затачивается торцевой плоскостью шлифовального круга. В этом случае плоскость Σ_2 должна быть установлена в вертикальное положение параллельно продольной подаче стола универсально-заточного станка и совмещена с торцевой плоскостью шлифовального круга. Плоскость Σ_1 , примыкающая к периферийной режущей кромке, затачивается конической стороной шлифовального круга.

Заточка сверл с подрезающими режущими кромками может также выполняться шлифовальным кругом прямого профиля (рис. 3, в). В этом случае плоскость Σ_1 , примыкающая к подрезающей режущей кромке, затачивается круглой наружной цилиндрической поверхностью шлифовального круга.

Плоскость Σ_2 , примыкающая к центральной режущей кромке, затачивается торцевой плоскостью шлифовального круга. В этом случае угол ε между соприкасающимися плоскостями Σ_1 и Σ_2 должен быть равен 90° , что уменьшает возможности получения разных величин геометрических параметров режущей части сверла при его заточке.

Преимущество рассматриваемого способа заточки сверл заключается в возможности применения стандартных шлифовальных кругов, что упрощает, в частности, процесс правки шлифовальных кругов.

Угол ε между плоскостями Σ_1 и Σ_2 определяем с использованием зависимости:

$$\cos \varepsilon = -\sin \theta_{N1} \cdot \sin \theta_{N2} + \cos \theta_{N1} \cdot \cos \theta_{N2} \cdot \cos(\varphi + \beta).$$

При $\varepsilon = 90^\circ$ получаем:

$$-\sin \theta_{N1} \cdot \sin \theta_{N2} + \cos \theta_{N1} \cdot \cos \theta_{N2} \cdot \cos(\varphi + \beta) = 0.$$

Отсюда

$$\cos(\varphi + \beta) = \operatorname{tg} \theta_{N1} \cdot \operatorname{tg} \theta_{N2}.$$

Полученная зависимость свидетельствует о том, что при рассматриваемом способе заточки сверл с подрезающей режущей кромкой нельзя независимо выбирать величины геометрических параметров режущей части. При выбранных значениях инструментальных задних углов θ_{N1} и θ_{N2} определяем сумму углов φ и β . При различных значениях инструментальных задних углов θ_{N1} и θ_{N2} сумму углов φ и β находим с помощью графика, изображенного на рис. 4.

Анализ формулы и графиков показывает, что при увеличении инструментальных задних углов θ_{N1} и θ_{N2} сумма углов $(\varphi + \beta)$ возрастает. При различных значениях θ_{N1} и θ_{N2} сумма углов $(\varphi + \beta)$ приближается к 90° . При $\theta_{N1} = \theta_{N2} = 0^\circ$ получаем:

$$-\sin 0^\circ \cdot \sin 0^\circ + \cos 0^\circ \cdot \cos 0^\circ \cdot \cos(\varphi + \beta) = 0.$$

Отсюда в рассматриваемом частном случае:

$$\cos(\varphi + \beta) = 0, \quad \varphi + \beta = 90^\circ.$$

Положение сверла при его заточке фасонным шлифовальным кругом по первой схеме определяем следующим образом:

- используя повороты закрепленного в универсально-заточной головке сверла вокруг осей B и B , устанавливаем затачиваемую плоскость Σ_1 в горизонтальное положение, а нормаль \vec{N}_1 к ней — в вертикальное положение, параллельное оси Y_2 ;
- при таком положении плоскости Σ_1 находим в системе $X_2Y_2Z_2$ вектор \vec{L} , который разместится по линии пересечения задних плоскостей Σ_1 и Σ_2 одного зуба сверла;
- в результате поворота вокруг оси A вектор \vec{L} , расположенный в горизонтально установленной плоскости Σ_1 , переходит в положение, параллельное продольной подаче стола. При такой установке происходит заточка обеих плоскостей Σ_1 и Σ_2 , примыкающих к ломаной режущей кромке сверла, шлифовальным кругом, профиль которого задаем углом ε .

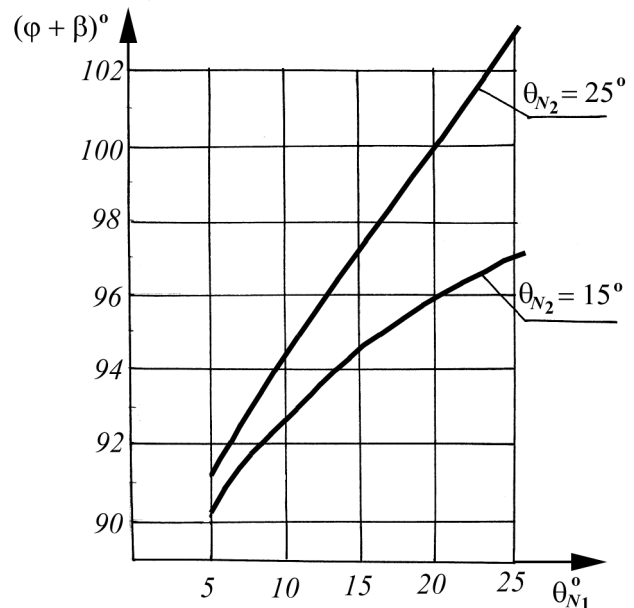


Рис. 4. График определения суммы углов $(\varphi + \beta)$ в зависимости от величины θ_{N1} при разных величинах угла θ_{N2}

Алгоритм расчета положения сверла с подрезающими режущими кромками при его заточке на универсально-заточном станке с помощью универсально-заточной головки может быть следующий:

- рассчитываем угол поворота θ_B :

$$\operatorname{tg} \theta_B = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \cdot \cos \beta;$$

- определяем угол поворота θ_B универсально-заточной головки

$$\operatorname{tg} \theta_B = -\operatorname{ctg} \theta_{N1} \cdot \sin \beta \cdot \cos \theta_B;$$

- рассчитывается угол поворота θ_A универсально-заточной головки

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{L_X \cdot \cos \theta_B - L_Y \cdot \sin \theta_B \cdot \cos \theta_B - L_Z \cdot \sin \theta_B \cdot \sin \theta_B}{L_Y \cdot \sin \theta_B - L_Z \cdot \cos \theta_B},$$

где $L_X = \operatorname{ctg} \theta_{N2} \cdot \cos \varphi + \operatorname{ctg} \theta_{N1} \cdot \cos \beta$; $L_Y = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N2} \cdot \sin(\varphi + \beta)$;

$$L_Z = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \cdot \sin \beta - \operatorname{ctg} \theta_{N2} \cdot \sin \varphi.$$

В рассматриваемом случае (при заточке задней поверхности центральных режущих кромок по одной плоскости) угол наклона поперечной режущей кромки

$$\psi = 90^\circ - \theta_{//2},$$

где $\operatorname{tg}\theta_{//2} = \frac{\operatorname{tg}\theta_{N2}}{\cos\varphi}$.

Для того, чтобы получить независимые величины углов φ , θ_{N2} и ψ , заднюю поверхность центральных режущих кромок следует формировать по двум режущим плоскостям — плоскости Σ_2 , примыкающей к режущей кромке, и затылочной плоскости Σ_3 .

При $\delta = 0$ порядок расчёта углов установки универсально-заточной головки при заточке затылочной плоскости Σ_3 может быть следующий:

– определяем угол $\theta_{//}^F$:

$$\operatorname{tg}\theta_{//}^F = 2\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{tg}\theta_{//2};$$

– рассчитываем угол θ_B :

$$\theta_B = -(90^\circ - \theta_{//}^F);$$

– вычисляем угол θ_B :

$$\operatorname{tg}\theta_B = \frac{\cos(\varepsilon - 90^\circ) + \sin(\varepsilon - 90^\circ) \cdot \operatorname{tg}\varphi \cdot \cos\theta_{//}^F}{\cos(\varepsilon - 90^\circ) \cdot \operatorname{tg}\varphi \cdot \cos\theta_{//}^F - \sin(\varepsilon - 90^\circ)};$$

– принимаем $\theta_A = 0$.

При заточке сверла фасонным шлифовальным кругом по второй схеме (см. рис. 3, б), когда плоскость Σ_2 , примыкающая к центральной режущей кромке, затачивается торцом шлифовального круга, определяем положение этого сверла, следующим образом:

- используя повороты закрепленного в универсально-заточной головке сверла вокруг осей B и \bar{B} , устанавливаем затачиваемую плоскость Σ_2 в положение, перпендикулярное плоскости стола станка, т. е. перпендикулярное плоскости X_2Y_2 . При этом проекция нормали \bar{N}_2 к плоскости Σ_2 будет перпендикулярной оси Y_2 и ее проекция \bar{N}_{2Y_2} на ось Y_2 будет равна нулю;
- вектор \bar{L} , находящийся на линии пересечения задних плоскостей Σ_1 и Σ_2 одного зуба сверла, используя повороты вокруг осей B и \bar{B} , устанавливаем в горизонтальное положение, параллельное плоскости стола станка. При этом проекция L_{Y_2} вектора \bar{L} на ось Y_2 будет равна нулю. Два уравнения $\bar{N}_{2Y_2} = 0$ и $L_{Y_2} = 0$ определяют углы поворота θ_B и $\theta_{\bar{B}}$;
- поворотом вокруг вертикальной оси A на угол θ_A вектор \bar{L} устанавливаем в положение, параллельное направлению продольной подачи стола станка, т. е. параллельно оси Z_3 , а вектор \bar{N}_2 — в положение, перпендикулярное торцевой плоскости шлифовального круга, то есть перпендикулярно плоскости Z_3Y_3 и параллельно оси X_3 . При этом проекции нормали \bar{N}_2 на оси Y_3 и Z_3 будут равны нулю: $\bar{N}_{2Y_3} = 0$, $\bar{N}_{2Z_3} = 0$. Отсюда определяем угол θ_A .

При определенных таким образом углах установки θ_B , θ_B и θ_A происходит заточка обеих плоскостей Σ_1 и Σ_2 , примыкающих к режущим кромкам сверла, шлифовальным кругом, профиль которого задаем углом ε .

Таким образом, при рассматриваемой схеме порядок расчета положения сверла с подрезающими режущими кромками при его заточке на универсально-заточном станке с помощью универсально-заточной головки может быть следующим:

– рассчитываем угол поворота θ_B :

$$\operatorname{tg} \theta_B = \frac{L_X + L_Y \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2}}{\operatorname{ctg} \theta_{N_2} (L_X \cdot \cos \varphi - L_Z \cdot \sin \varphi)},$$

где L_X, L_Y, L_Z — координаты вектора \vec{L} : $L_X = \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cdot \cos \varphi + \operatorname{ctg} \theta_{N_1} \cdot \cos \beta$; $L_Y = \operatorname{ctg} \theta_{N_1} \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cdot \sin(\varphi + \beta)$; $L_Z = \sin \beta \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_1} + \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2}$.

или

$$\operatorname{tg} \theta_B = \frac{L_X \cdot \operatorname{tg} \theta_{N_2} + L_Y \cdot \sin \varphi}{L_X \cdot \cos \varphi - L_Z \cdot \sin \varphi};$$

– определяем угол поворота θ_B :

$$\operatorname{tg} \theta_B = \frac{\cos \theta_B - \cos \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cdot \sin \theta_B}{\sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2}};$$

– рассчитываем угол поворота θ_A универсально-заточной головки:

$$\operatorname{tg} \theta_A = \frac{-\sin \theta_B - \cos \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cdot \cos \theta_B}{\cos \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cdot \sin \theta_B \cdot \sin \theta_B - \sin \theta_B \cdot \cos \theta_B - \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cdot \cos \theta_B};$$

– вычисляем угол ε профиля шлифовального круга:

$$\cos \varepsilon = -\sin \theta_{N_1} \cdot \sin \theta_{N_2} + \cos \theta_{N_1} \cdot \cos \theta_{N_2} \cdot \cos(\varphi + \beta).$$

В соответствии с рассмотренным алгоритмом определяем углы установки универсально-заточной головки при заточке сверла с подрезающими режущими кромками шлифовальным кругом прямого профиля (см. рис. 3, в), но при этом способе заточки выбираем величины инструментальных задних углов θ_{N_1} , θ_{N_2} и определяем сумму углов $(\varphi + \beta)$:

$$\operatorname{ctg}(\varphi + \beta) = \operatorname{tg} \theta_{N_1} \cdot \operatorname{tg} \theta_{N_2}.$$

Затем, зная сумму углов $(\varphi + \beta)$, выбирают величину одного угла φ или β и рассчитываем второй угол β или φ .

Выводы

1. Разработанные новые способы заточки двух смежных плоскостей зуба сверла позволяют значительно снизить трудоёмкость формообразования режущей части сверла с подрезающими режущими кромками для обработки композици-

онных материалов, так как выполняется заточка одновременно двух смежных плоскостей зуба сверла стандартными шлифовальными кругами, при этом одна из смежных задних плоскостей сверла затачивается периферией цилиндрического круга или торцевой плоскостью.

2. Разработанная методика определения положения сверла с подрезающими режущими кромками при его заточке на универсально-заточном станке с помощью универсально-заточной головки значительно упрощает расчёты углов установки головки при заточке свёрл с заданными геометрическими параметрами режущей части при различных схемах одновременной заточки двух смежных плоскостей зуба сверла.
3. Для того, чтобы получить независимые величины углов φ , θ_{N_2} и ψ при указанных способах заточки свёрл с подрезающими режущими кромками, необходимо заднюю поверхность центральных режущих кромок затачивать по двум режущим плоскостям:
 - плоскости Σ_2 , примыкающей к режущей кромке;
 - плоскости Σ_3 , образующей форму затыловочной задней поверхности зубьев сверла.

Список литературы

1. Высокопроизводительные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация // под ред. П. Г. Петрухи. — М.: Машиностроение, 1980.
2. Криштопа Н. А. Исследование и разработка способов и инструментов для сверления слоистых материалов: автореф. дис. ...канд. техн. наук/ Н. А. Криштопа; Киевск. политех. ин-т. — К.: 1974. — 15 с.
3. Криштопа Н. А. Геометрия задних поверхностей сверл и способы их формообразования/ Н. А. Криштопа, Т. П. Родина. — К.: Вища шк., 1982. — 128 с.
4. Ларин М. Н. Высокопроизводительные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация/ М. Н. Ларин. — М.: Машиностроение, 1990.
5. Мамлюк О. В. Геометрия задних поверхностей сверл с прямолинейными подрезающими режущими кромками / О. В. Мамлюк // Технологические системы. — 2001. — № 1(7).
6. Родин П. Р. Геометрия режущей части спирального сверла/ П. Р. Родин. — К.: Техніка, 1971. — 136 с.
7. Родин П. Р. Рациональные способы заточки сверл/ П. Р. Родин, С. Н. Филоненко, В. Т. Змиевец // Научные записки ОПИ: сб. — Одесса, 1960. — С. 21 – 24.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.В. Лупкин, Национальный технический университет Украины «КПИ, Киев

Поступила в редакцию 26.11.10.

Формоутворення різальної частини свердл з під різальними різальними кромками для обробки композиційних матеріалів

Розглянуто способи заточення свердел з під різальними різальними кромками стандартними шліфувальними кругами, які одночасно утворюють форму двох суміжних задніх поверхонь зубів свердла, при цьому одна із суміжних поверхонь свердла утворюється периферією циліндричного шліфувального круга або його торцевою площиною. Подано методичні рекомендації з визначення положення свердла і розрахунки кутів установки при його заточенні.

Ключові слова: геометричні параметри, задні поверхні, різальна частина, формоутворення

Forming part of a cutting drill with clipped cutting edges for the processing of composite materials

The methods of sharpening drills with clipped cutting edge standard grinding wheel, which simultaneously form the shape of two adjacent rear surfaces of teeth of drill bits, with one of the adjacent surfaces of drill formed the periphery of the cylindrical grinding wheel or the front plane. Methodical recommendations on determination of the position drills and are calculated setting angles during its sharpening.

Keywords: geometric parameters, the rear surface of the cutting, shaping.