

Сверление ПКМ сверлами с подрезающими режущими кромками

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Государственное предприятие «Антонов»*

Рассмотрены технологические параметры сверл с подрезающими режущими кромками, действующими на эффективность обработки полимерных композиционных материалов. Предложена методика заточки задних поверхностей сверла, определены технические критерии затупления инструмента для различных марок обрабатываемых материалов.

Ключевые слова: композиционные материалы, сверление, сверла с подрезающими режущими кромками (ПРК), осевые силы резания, крутящий момент, качество обрабатываемой поверхности, износ, стойкость инструмента.

Вступление

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) в отличие от металлических обладают комплексом свойств и особенностей, позволяющих снизить массу конструкции изделия при одновременном повышении эксплуатационных характеристик, что для самолетостроения является одной из важнейших характеристик применимости материалов.

К преимуществам КМ по сравнению с существующими конструкционными материалами следует отнести такие качества: сравнительно низкая плотность; высокая удельная прочность и удельная жесткость; высокая химическая и коррозионная стойкость; возможность создания элементов конструкций с заранее заданными свойствами, наиболее полно отвечающими условиям работы; специальные свойства (радиопрозрачность, диэлектрическая проницаемость, теплопроводность); сокращение количества деталей конструкций агрегатов ЛА.

Однако, несмотря на значительные преимущества, они обладают рядом недостатков, особенно при механической обработке. К ним следует отнести: анизотропию физико-механических свойств; низкую межслоевую прочность на сдвиг в плоскостях, параллельных арматуре; низкую прочность на смятие; низкую ударную вязкость (отсутствие зоны текучести); высокую стоимость по сравнению с металлами; необходимость применения специальных мер по охране труда при их обработке [1].

Стремление повысить производительность резанием накладывает ограничения на технологические параметры процесса с тем, чтобы обеспечить надежность и срок службы деталей в условиях эксплуатации. При этом одним из основных параметров обработки является качество получаемой поверхности. Наиболее распространенная операция при механической обработке – это сверление. В процессе резания повышенный износ инструмента изменяет вид сходящей стружки, увеличивает силы резания и ухудшает качество обрабатываемой поверхности. Поэтому механизм влияния технологических параметров на силовые характеристики процесса и качество поверхности деталей из КМ представляет значительный интерес как для науки, так и для производства [2].

Сверла с подрезающими режущими кромками. Методы заточки

Операция сверления в механообработке является одним из сложных процессов резания, так как при её осуществлении на режущей кромке сверла нагрузка и скорость меняются от минимума у оси сверла до максимума на периферии режущей кромки, при этом процесс осуществляется в стесненных условиях отверстия. Один из путей совершенствования инструмента – возможность выравнивания нагрузок по длине режущей кромки. К таким представителям относятся сверла с подрезающими режущими кромками (ПРК). Конструкция этих сверл позволяет перераспределить в процессе резания толщину припуска между подрезающими и центральными режущими кромками (рис. 1) [3].

Формообразование сверл такой конструкции повышает трудоемкость заточки инструмента, однако при этом существенно повышается стойкость сверл и одновременно улучшается качество обработки. В статье предлагаются две схемы формообразования смежных плоскостей сверла с ПРК, а также методика расчета геометрии режущей части [4].

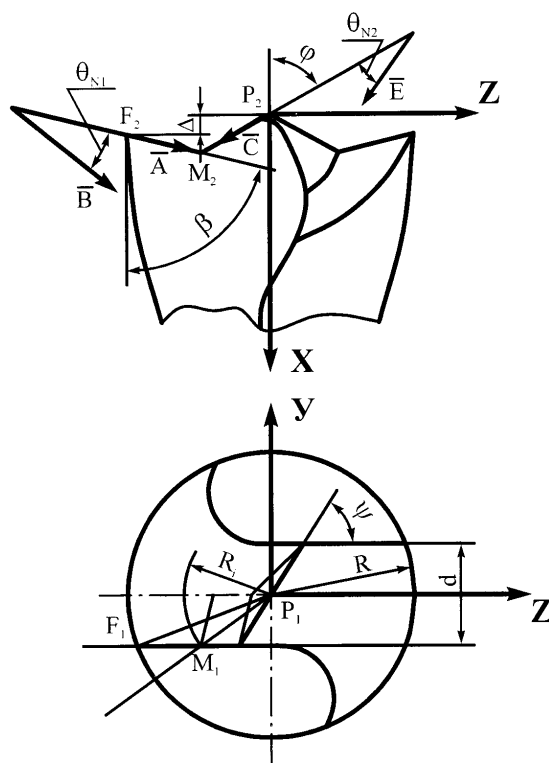


Рис. 1. Геометрия сверла с подрезающими режущими кромками

Заточку сверла с ПРК производят с использованием универсально-заточной головки на универсально-заточном станке. Головка позволяет затачиваемый инструмент ориентировать по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y, Z (рис. 2). Предлагаемые схемы формообразования смежных плоскостей сверла представлены на рис. 3.

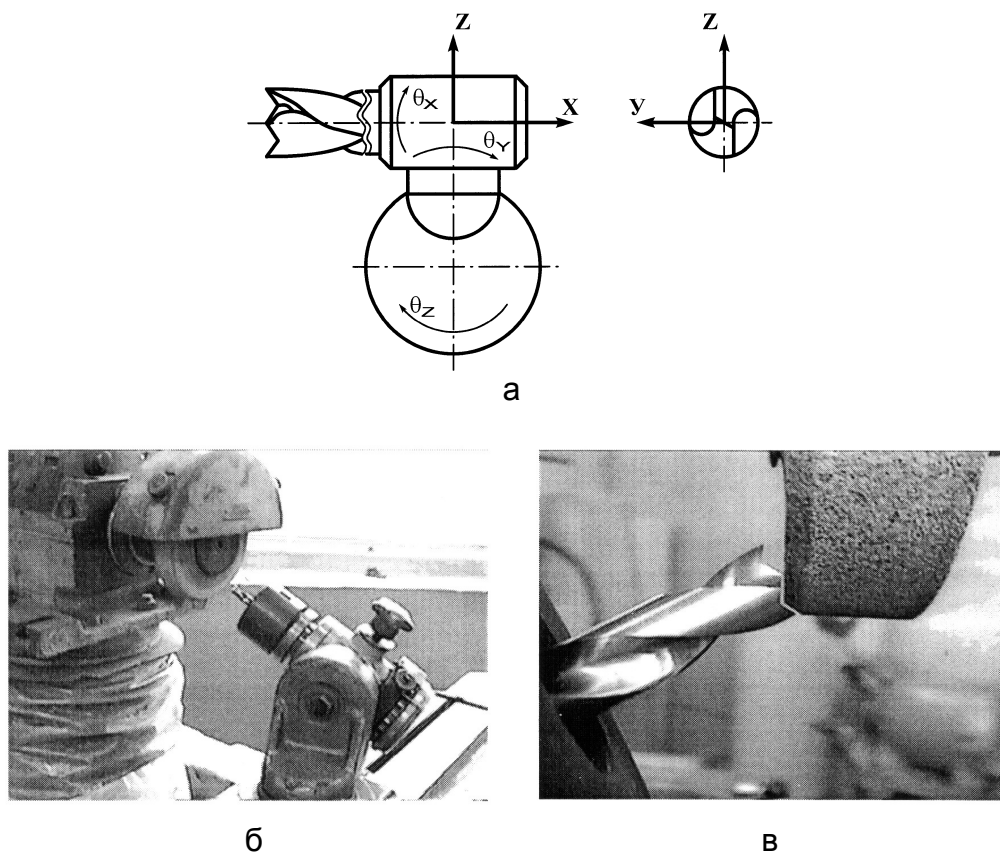


Рис. 2. Заточка сверл с подрезающими кромками:
 а – схема заточки; б – станок и универсальная заточная головка;
 в – заточка сверла

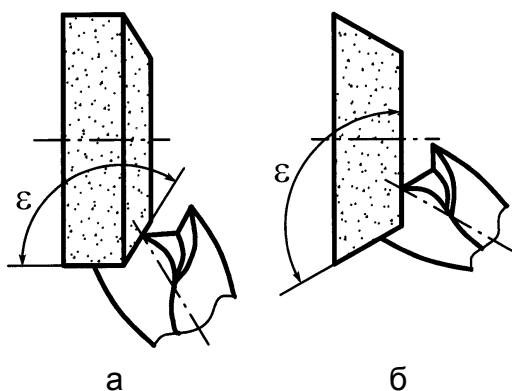


Рис. 3. Схема формообразования подрезающей и центральной режущих кромок:
 а – заточка центральной режущей кромки фасонной частью круга;
 б – заточка торцом круга

Для каждой из схем заточки предлагается следующий обобщенный алгоритм расчета углов установки универсально-заточной головки θ_x , θ_y , θ_z при одновременной заточке задних смежных плоскостей подрезающей и центральной режущих кромок сверла Σ_1 и Σ_2 .

Вначале определяются:

вектор \bar{A} , идущий вдоль подрезающей режущей кромки:

$$\bar{A} = \bar{i} + k \operatorname{tg} \beta; \quad (1)$$

вектор \bar{B} , идущий по задней плоскости Σ_1 в нормальном к подрезающей режущей кромке сечении:

$$\bar{B} = \bar{i} \sin \beta + \bar{j} \operatorname{ctg} \theta_{N_1} - \bar{k} \cos \beta; \quad (2)$$

вектор \bar{C} , идущий вдоль центральной режущей кромки:

$$\bar{C} = \bar{i} - \bar{k} \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (3)$$

вектор \bar{E} , идущий по задней плоскости Σ_2 в нормальном к режущей кромке сечении:

$$\bar{E} = \bar{i} \sin \varphi + \bar{j} \operatorname{ctg} \theta_{N_2} + \bar{k} \cos \varphi; \quad (4)$$

вектор нормали \bar{N}_1 к задней плоскости Σ_1 :

$$\bar{N}_1 = [\bar{A} \times \bar{B}] = -\bar{i} \sin \beta \operatorname{ctg} \theta_{N_1} + \bar{j} + \bar{k} \operatorname{ctg} \theta_{N_1} \cos \beta; \quad (5)$$

вектор нормали \bar{N}_2 к задней плоскости Σ_2 :

$$\bar{N}_2 = [\bar{C} \times \bar{E}] = \bar{i} \sin \varphi \operatorname{ctg} \theta_{N_2} + \bar{j} + \bar{k} \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cos \varphi; \quad (6)$$

вектор \bar{L} , идущий по линии пересечения плоскостей Σ_1 и Σ_2

$$\bar{L} = [\bar{N}_1 \times \bar{N}_2] = \bar{i} L_x + \bar{j} L_y + \bar{k} L_z, \quad (7)$$

где

$$L_x = \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \cos \varphi + \operatorname{ctg} \theta_{N_1} \cos \beta;$$

$$L_y = \operatorname{ctg} \theta_{N_1} \operatorname{ctg} \theta_{N_2} \sin(\varphi + \beta); \quad (8)$$

$$L_z = \sin \beta \operatorname{ctg} \theta_{N_1} - \sin \varphi \operatorname{ctg} \theta_{N_2}.$$

Угол ε между плоскостями Σ_1 и Σ_2 ограничивается нормальными \bar{N}_1 , \bar{N}_2 и определяется по формуле

$$\cos \varepsilon = \frac{(\bar{N}_1 \cdot \bar{N}_2)}{|\bar{N}_1| \cdot |\bar{N}_2|} = \cos \theta_{N_1} \cos \theta_{N_2} \cos(\varphi + \beta) - \sin \theta_{N_1} \sin \theta_{N_2}. \quad (9)$$

В случае, когда угол ε между смежными плоскостями Σ_1 и Σ_2 равен 90° , заточку производят стандартным шлифовальным кругом, что исключает процесс его правки.

Для случаев заточки по схеме «А» и «Б» угол профиля заточного круга ε определяется по следующей зависимости:

$$\cos \varepsilon = \cos \theta_{N_1} \cdot \cos \theta_{N_2} \cdot \cos(\varphi + \beta) - \sin \theta_{N_1} \cdot \sin \theta_{N_2}. \quad (10)$$

Отсюда

$$\cos(\varphi + \beta) = \operatorname{tg} \theta_{N_1} \cdot \operatorname{tg} \theta_{N_2}. \quad (11)$$

Рассматривая представленную зависимость, можно сделать вывод о том, что для предложенного способа заточки сверл с ПРК при выбранных значениях инструментальных задних углов θ_{N_1} и θ_{N_2} нельзя независимо выбирать величины геометрических параметров режущей части $(\varphi + \beta)$. Для выбранных θ_{N_1} и θ_{N_2} определяется сумма 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 из углов φ или β .

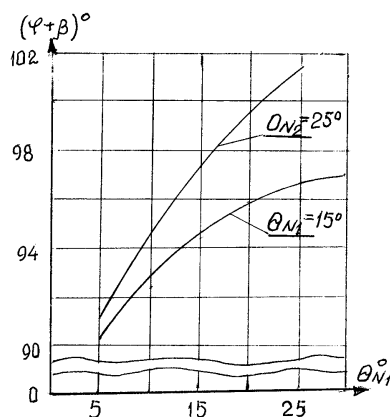


Рис. 4. График зависимости углов заточки режущей кромки сверла от инструментальных углов θ_N

На рис. 4 представлен график зависимости углов заточки $(\varphi + \beta)$ от инструментальных углов θ_N

Методика определения углов поворота головки по схеме заточки «А»:

- поворотом вокруг осей X и Y затачиваемая плоскость Σ_1 устанавливается в горизонтальное положение, а нормаль \overline{N}_1 к ней занимает вертикальное положение;
- при расположении таким образом плоскости Σ_1 , определяется вектор \overline{L} , идущий по линии пересечения затачиваемых задних плоскостей;
- поворотом вокруг оси Z вектор \overline{L} приводится в положение, параллельное продольной подаче стола, и после этого производится заточка сверла.

Углы установки головки и угол профиля абразивного круга рассчитываются в такой последовательности:

$$\operatorname{tg} \theta_x = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \cos \beta; \quad (12)$$

$$\operatorname{tg} \theta_y = -\operatorname{ctg} \theta_{N1} \sin \beta \cos \theta_x; \quad (13)$$

$$\operatorname{tg} \theta_z = \frac{L_x \cos \theta_y - L_y \sin \theta_y \cos \theta_x - L_z \sin \theta_y \sin \theta_x}{L_y \sin \theta_x - L_z \cos \theta_x}, \quad (14)$$

где

$$L_x = \operatorname{ctg} \theta_{N2} \cos \varphi + \operatorname{ctg} \theta_{N1} \cos \beta; \quad (15)$$

$$L_y = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \operatorname{ctg} \theta_{N2} \sin(\varphi + \beta); \quad (16)$$

$$L_z = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \sin \beta - \operatorname{ctg} \theta_{N2} \sin \varphi. \quad (17)$$

Методика определения углов поворота головки по схеме заточки «Б»:

- поворотом вокруг осей X и Y затачиваемая плоскость Σ_2 устанавливается в положение, перпендикулярное плоскости стола станка;
- поворотом вокруг тех же осей X и Y вектор \overline{L} , идущий по линии пересечения затачиваемых плоскостей Σ_1 и Σ_2 , устанавливается в горизонтальное положение относительно плоскости стола станка, при этом проекция

L_Y вектора L на ось Y будет равна нулю, два уравнения $N_{2Y} = 0$ и $L_Y = 0$ определяют углы поворота θ_X и θ_Y ;

- поворотом вокруг вертикальной оси Z на угол θ_Z вектор \bar{L} , занимающий горизонтальное положение, устанавливается в положение, параллельное направлению продольной подачи стола станка; при этом проекции нормали $N_2 = 0$ на оси X и Z будет равна нулю.

Углы установки универсальной головки и угол профиля круга рассчитывают по следующим формулам:

$$\operatorname{tg} \theta_X = \frac{L_X + L_Y \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \theta_{N2}}{\operatorname{ctg} \theta_{N2} \cdot (L_X \cdot \cos \varphi - L_Z \cdot \sin \varphi)}, \quad (18)$$

где L_X, L_Y, L_Z - координаты вектора L ;

$$L_X = \operatorname{ctg} \theta_{N2} \cos \varphi + \operatorname{ctg} \theta_{N1} \cos \beta; \quad (19)$$

$$L_Y = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \operatorname{ctg} \theta_{N2} \sin(\varphi + \beta); \quad (20)$$

$$L_Z = \operatorname{ctg} \theta_{N1} \sin \beta + \operatorname{ctg} \theta_{N2} \sin \varphi. \quad (21)$$

Определяем угол поворота θ_X :

$$\operatorname{tg} \theta_X = \frac{L_X \operatorname{ctg} \theta_{N2} + L_X \sin \varphi}{L_X \cos \varphi - L_Z \sin \varphi}; \quad (22)$$

угол поворота θ_Y :

$$\operatorname{tg} \theta_Y = \frac{\cos \theta_X - \cos \varphi \operatorname{ctg} \theta_{N2} \sin \theta_X}{\sin \varphi \operatorname{ctg} \theta_{N2}}; \quad (23)$$

угол поворота θ_Z :

$$\operatorname{tg} \theta_Z = \frac{-\sin \theta_X - \cos \varphi \operatorname{ctg} \theta_{N2} \cos \theta_X}{\cos \varphi \operatorname{ctg} \theta_{N2} \sin \theta_Y \sin \theta_X - \sin \theta_Y \cos \theta_X - \sin \varphi \operatorname{ctg} \theta_{N2} \cos \theta_Y}. \quad (24)$$

Рассматриваемый способ заточки сверл с ПРК имеет преимущество, заключающееся в возможности применения стандартных шлифовальных кругов, что упрощает процесс правки кругов.

Исследование силовых зависимостей

Исследование силовых зависимостей проводилось с целью определения влияния различных геометрических параметров сверл с ПРК на осевое усилие и крутящий момент, т.к. по ним можно судить о работоспособности сверл и «прогнозировать» стойкость. В процессе испытаний сверлились сквозные отверстия без применения СОЖ, на заготовках из стеклопластика основа – ткань Т1014, связующее – 5-211-БН, схема укладки – 0...90°. Толщина заготовок составляла 3...5 мм, испытания проводились на вертикально-сверлильном станке с ЧПУ-2К13502, станок соответствовал установленным нормам точности и жесткости. Для проведения испытаний использовались заготовки одной партии сверл $\varnothing 5$ мм из стали Р6М5К5. При проведении экспериментов допускался износ по задней грани не более 0,25...0,3 мм и контролировалось качество обработанной поверхности, не допускались вспучивания более 0,3...0,5 мм и квалитет точности не ниже Н10.

Чтобы исключить возможность образования сколов на выходе сверла из отверстия, при установке заготовок в приспособлениях использовались подкладки, которые просверливались вместе с заготовкой.

По результатам экспериментальных данных были построены графики зависимостей осевых сил $P_{ос}$ и крутящих моментов $M_{кр}$ от таких технологических параметров процесса резания: диаметр сверла d ; угол наклона внешней подрезающей режущей кромки β ; передних γ и задних α углов режущей кромки; величина превышения центральной режущей кромки относительно вершины сверла Δ и от величины подачи S_o . На рис. 5, 6 и 7 построены графики зависимостей $P_{ос}$ и $M_{кр}$ от технологических параметров, при которых они проводились.

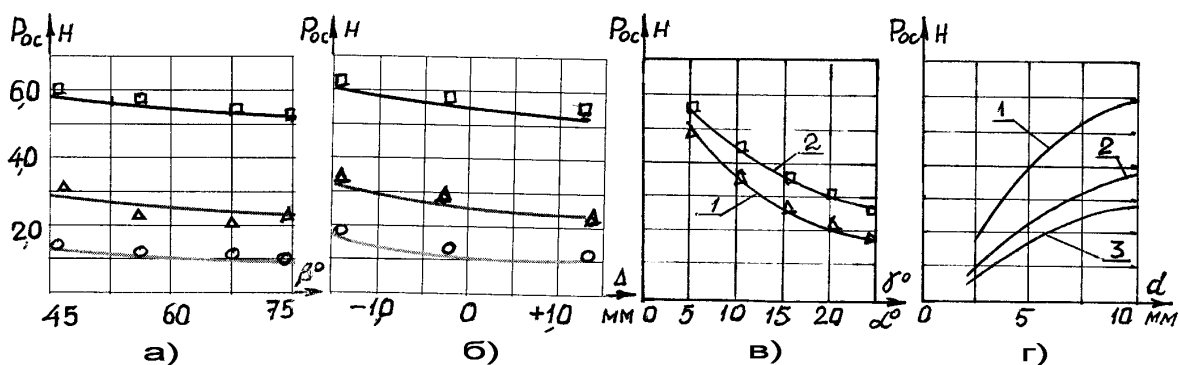


Рис. 5. График зависимости осевых сил $P_{ос}$ от: угла β (а), превышения Δ (б), при

$$o - S_o = 0,05 \frac{мм}{об}; \Delta - S = 0,10 \frac{мм}{об}; \square - S_o = 0,2 \frac{мм}{об}; V = 6,5 \frac{м}{мин};$$

переднего угла γ (в, 1); заднего угла α (в, 2), при $S_o = 0,10 \frac{мм}{об}$; $V = 6,5 \frac{м}{мин}$; диаметра сверла d (г), где 1 – стеклопластик; 2 – углепластик; 3 – органопластик, при $S_o = 0,10 \frac{мм}{об}$; $V = 6,5 \frac{м}{мин}$

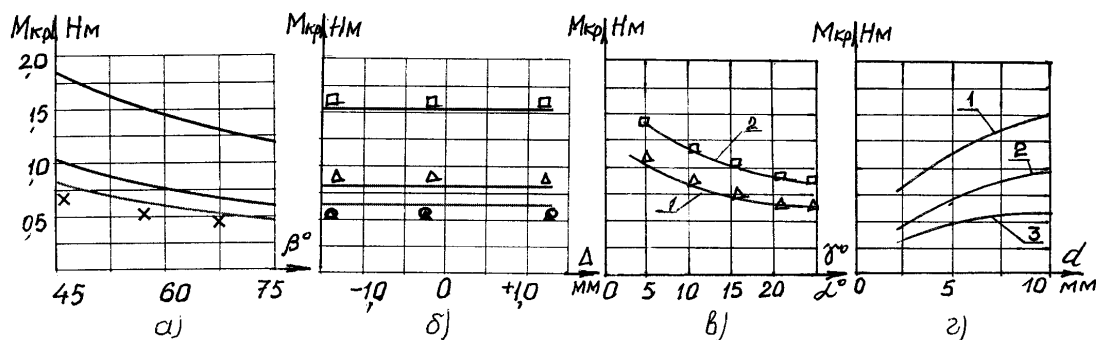


Рис. 6. График зависимости крутящего момента от: угла β (а), превышения Δ (б), при

$$o - S_o = 0,05 \frac{мм}{об}; \Delta - S = 0,10 \frac{мм}{об}; \square - S_o = 0,2 \frac{мм}{об}; V = 6,5 \frac{м}{мин}$$

в) 1-переднего угла - γ ; 2- заднего угла - α ; при $S_o = 0,1 \frac{мм}{об}$; $V = 6,5 \frac{м}{мин}$; диаметра d (г), где 1 – стеклопластик, 2 – углепластик, 3 – органопластик, при $S_o = 0,10 \frac{мм}{об}$; $V = 6,5 \frac{м}{мин}$

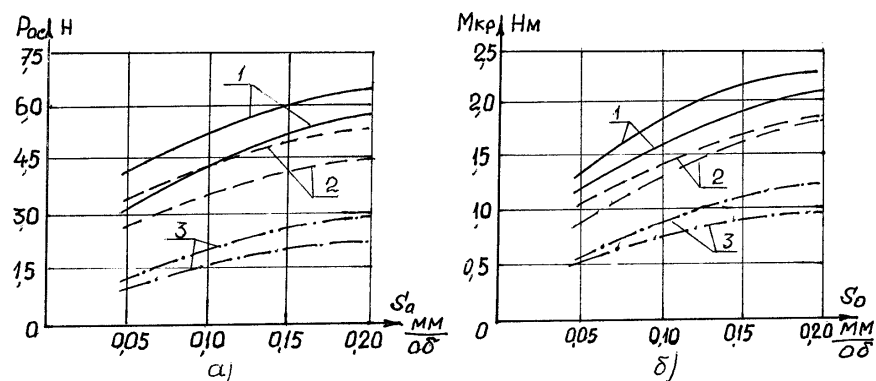


Рис. 7. График зависимости:
 а – осевой силы $P_{ос}$ и б – крутящего момента $M_{кр}$ от подачи S_o ,
 где 1 – стеклопластик; 2 – углепластик; 3 – органопластик

Анализ представленных графиков осевых сил и крутящих моментов позволяет сделать выводы о том, что наибольшее влияние на величину этих сил оказывают диаметр сверла d , углы заточки $\gamma^\circ, \alpha^\circ$ и величина подачи сверла S_o . Характеризуя степень влияния каждого отдельно взятого технологического параметра на силовые зависимости, можно сказать, что с увеличением диаметра сверла происходит пропорциональный рост сил примерно до диаметра 10 мм с дальнейшим увеличением диаметра, влияние пропорциональности снижается. Это объясняется тем, что с увеличением диаметра растет степень влияния перераспределения толщины снимаемого припуска материала между подрезающими и центральными режущими кромками сверла. Увеличение углов заточки режущих кромок γ° и α° снижает силы резания. Снижение наблюдается до величины $15...20^\circ$, в дальнейшем усилия стабилизируются. Это объясняется влиянием упругости материала КМ и снижением сил трения по задней поверхности инструмента.

С увеличением подачи сверла S_o силы резания увеличиваются. Это объясняется тем, что с увеличением подачи увеличиваются площадь среза и объем снятого материала.

Влияние угла наклона β и превышение центральной режущей кромки Δ не оказывают значительного влияния на силы резания и крутящий момент. Снижение сил резания $P_{ос}$ и крутящего момента $M_{кр}$ от угла наклона подрезающей режущей кромки β объясняется снижением объема срезаемого материала.

Испытания по выбору марки инструментального материала

Цель исследований – выбор наиболее оптимальных марок инструментальных материалов как по стойкости, так и по экономической целесообразности. Образцы для исследований изготавливались по следующим схемам:

- углепластик, 30 слоев углеленты УОЛ-300-2А на связующем УП-2227, содержащее связующего -37,1%, угля – 62,6%, схема укладки ($\pm 45^\circ - 0^\circ - 90^\circ \pm 45^\circ$);
- стеклопластик, 12 слоев ткани Т-10-14, связующие 5-211БН, схема укладки ($0...90^\circ$)

- стеклоорганопластик, 12 слоев ткани Т-4211-76, связующие 5-211БН, схема укладки (0...90°).

Физико-механические свойства исследуемых материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование материала	Плотность ρ , г/мм ³	Модуль сдвига σ 1,2, ГПа	Прочность при растяжении σ_b , МПа	Модуль упругости E , ГПа, (Н/мм ²)	Теплопроводность λ_0 , Вт/М ⁻¹ ·К ⁻¹	Точка плавления T , С° (наполнителя)	Температурный коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-6}$, К ⁻¹	Удельная теплоемкость C_p , КДж/кг·К
Стеклопластик	1,9-2,2		1600-2100	56-70	0,3-0,5	1300	1,2÷1,5	1,3÷1,8
Углепластик	1,3÷1,5	5,4-5,5	600-1050	100-180	0,5-0,65	3600	-	0,8
Органопластик	1,3÷1,4	2,1	1400-2200	78-95	0,14	550	35-40	7-12

Эксперименты проводились на станке 2Б-108 на оборотах $n=4500$ об/мин и на станке с ЧПУ – 2К13502, у которого возможны изменения чисел оборотов. Для экспериментов использовались вышеперечисленные образцы материалов с закрепленной к ним фанерной подложкой толщиной 1,5 мм. В качестве инструментальных материалов использовались сверла из быстрорежущих сталей Р18 и Р6М5К5, а также из твердого сплава с содержащим вольфрама – 98,5%, кобальта – 1,5% фирмы «GUEHRING», диаметр сверл $\varnothing 3,2 \pm 0,05$ мм. Сверла затачивались в соответствии с рекомендациями ТИ36-39-89 и в соответствии вышеприведенными силовыми исследованиями [5].

Режимы резания при проведении стойкостных экспериментов варьировались как по скорости, так и по подаче.

При этом точность отверстий при сверлении должна была соответствовать 10-му качеству точности. Характерной особенностью сверления КМ является «эффект» усадки отверстий. Среднее отклонение Δ мм от номинального размера $\varnothing 5$ мм при сверлении сверлами с подрезающими кромками представлено в табл. 2

Таблица 2

Усредненные показатели усадки отверстий после сверления

Материал	Δ мм $n=450$ об/мин	Δ мм $n=1400$ об/мин	Δ мм $n=2500$ об/мин	Δ мм $n=4500$ об/мин
Стеклопластик	-0,10	-0,04	-0,07	-0,21
Органопластик	-0,14	-0,11	-0,20	-0,25
Углепластик	-0,10	-0,09	-0,15	-0,20

Влияние изнашивания инструмента на величину шероховатости и ворсистость поверхности представлены на рис. 8.

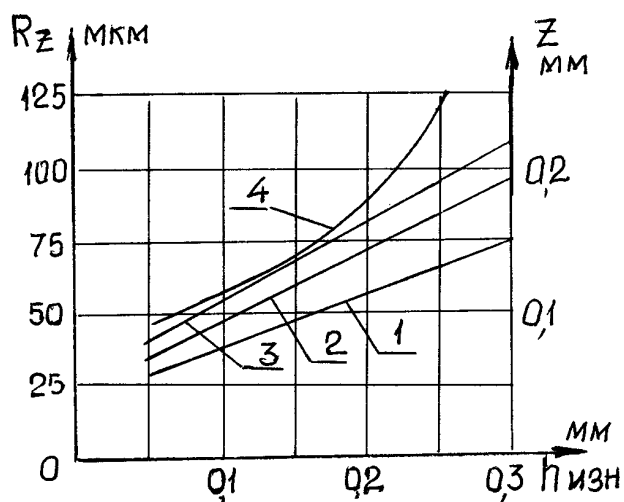


Рис. 8. Зависимость износа сверла ($h_{изн}$) от шероховатости поверхности (R_z) и ворсистость (вспучивание) (Z) вокруг отверстия:
 1 – углепластик; 2 – стеклопластик; 3 – органопластик;
 4 – величина вспучивания (органопластик) V , мм

В табл. 3 представлены экспериментальные данные по количеству просверленных отверстий одним сверлом до переточки при условии сохранения точности и допустимой шероховатости поверхности.

Таблица 3

Количество отверстий, просверленных одним сверлом до переточки

Инструментальный материал		Обрабатываемый материал, количество просверленных отверстий $K_{шт}$, допустимая величина износа $h_{изн}$					
Марка	Нормативное допустимое количество переточек	Стеклопластик		Углепластик		Органопластик	
		$h_{изн}$, мм	$K_{шт}$	$h_{изн}$, мм	$K_{шт}$	$h_{изн}$, мм	$K_{шт}$
P18	20	0,5÷0,6	400	0,4-0,5	200	0,3-0,5	100
P6M5K5	20	0,5÷0,6	400	0,4-0,5	200	0,3-0,5	100
Тв.сплав	(1*)	0,25÷0,35	2000	0,3-0,4	2000	0,25-,35	2000

1* - принятое количество переточек исходя из реальных данных, полученных в производственных условиях

У твердосплавных сверл вольфрамо-кобальтовой группы в процессе сверления, как правило, после сверления 2000...2500 отверстий, происходит хрупкое разрушение, исключая дальнейшую их переточку. Такая закономерность объясняется тем, что эти сверла в меньшей степени, чем быстрорежущие, отводят тепло, а также не выдерживают биения, возникающего при зажиме в цанге.

На основе экспериментальных данных, представленных в табл. 3, были построены графики зависимости производительности (K – количество просверленных отверстий) от величины допустимого износа $h_{изн}$ при условии соблюдения заданной точности в пределах Н10 и шероховатости обработанной поверхности. (рис. 9).

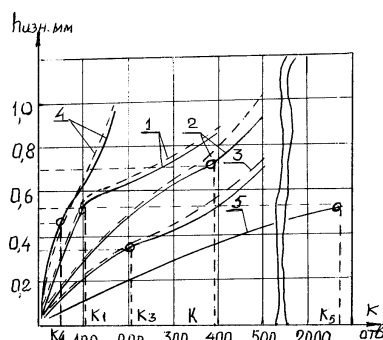


Рис. 9. График зависимости допустимого износа $h_{изн}$ от количества просверленных отверстий $K_{шт}$ при условии соблюдения качества не ниже Н10: 1 – сверление органопластика; 2 – сверление стеклопластика; 3 – сверление углепластика (— – сверла из Р6М5К5; - - - – сверла из Р18); 4 – сверление углепластика стандартными сверлами из Р6М5К5 с геометрией $2\varphi = 120^\circ$; $\gamma = 12^\circ$ $\alpha = 15^\circ$; 5 – сверление КМ сверлами «Дюринг»

Качество поверхности играет исключительно важную роль в обеспечении эксплуатационных показателей изделий, влияет на износ трущихся поверхностей, зарождение трещин и другие процессы, протекающие на поверхности изделия и в прилегающем слое. В процессе изготовления и эксплуатации изделия на поверхности возникают неровности, изменяются структура, химический состав, что приводит к изменению физико-химических и эксплуатационных свойств изделий. Поверхностный слой оказывает влияние на эксплуатационные свойства изделия: прочность, трение и износ, диэлектрические показатели, влагопоглощение и т.п. Что касается КМ, обладающих специфическими свойствами из-за своей структуры, анизотропии механических свойств, наличия армирующих элементов, механическая обработка существенно изменяет свойства поверхностного слоя. Наличие в зоне резания силового и теплового воздействий приводит к неизбежной деструкции полимеров, входящих в состав КМ [6].

По результатам лабораторных физико-химических исследований на рис. 10 представлена схема деструктурированного приповерхностного слоя стеклопластика. Учитывая фактор устойчивой стабильности износа сверл из быстрорежущих сталей по сравнению с твердосплавными сверлами, произведем некоторые экономические расчеты целесообразности использования этих сверл, результаты которых сведены в табл. 4.

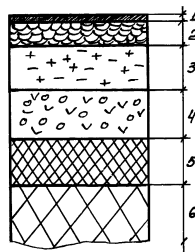


Рис. 10. Схема деструктурированного поверхностного слоя материала КМ: 1 – абсорбированная пленка толщиной 3...5 мкм; 2 – модифицированный слой толщиной 5,0...25 мкм; 3 – уплотненный собственно деструктурированный слой обрабатываемого материала 25...80 мкм; 4 – раздробленный и разрыхленный слой толщиной 80...150 мкм; 5 – переходной слой толщиной 150...200 мкм; 6 – исходная структура материала

Таблица 4

**Затраты на сверление одного сверла сверлами из различных марок
инструментальных материалов**

Инструментальный материал	Кол-во переточек до износа n	Стоимость одного сверла, грн	Кол-во отверстий одного сверла до полного износа K _{шт.}					
			Стеклопластик		Углепластик		Органопластик	
			K _{шт.}	Стоимость, грн	K _{шт.}	Стоимость, грн	K _{шт.}	Стоимость, грн
P18	20	19,0	8000	0,002	8000	0,004	2000	0,004
P6M5K5	20	10,0	8000	0,001	4000	0,001	4000	0,002
Тв. сплав	1	460,0	2250	0,2	2250	0,2	4000	0,23

Анализ графиков (см. рис. 9) и сравнительных данных табл. 4 позволяет сделать вывод о том, что наиболее экономически целесообразным при сверлении полимерных композиционных материалов является использование сверл из быстрорежущей стали P6M5K5.

Выводы

1. Предложены новые способы заточки сверл с подрезающими режущими кромками и приведена методика расчета углов установки сверла на универсально-заточном станке с использованием заточной головки.
2. Для сверл с подрезающими режущими кромками наибольшее влияние на осевые силы и крутящий момент оказывают величина диаметра, углы заточки по режущей кромке и величина подачи.
3. Сравнительные данные производительных испытаний сверл из быстрорежущих сталей и твердого сплава с учетом производительности стоимостных затрат на инструмент показывают, что лучшими являются сверла из P6M5K5.

Список литературы

1. Справочник по композиционным материалам: в 2-х кн.; под ред. Дж. Любина; пер. с англ. А.Б. Геллера.- М.: Машиноведение, 1988. – 448 с.
2. Воробей В.В. Соединение конструкции из композиционных материалов / В.В. Воробей, О.С. Сироткин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 168 с.
3. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов и их рациональная эксплуатация: учебник / П.Р. Родин. – К.: Вища шк., 1990. – 424 с.
4. Мамлюк О.В. Основы формообразования поверхностей: лаб. практикум / О.В. Мамлюк, Б.В. Лупкин. – К., 2005. – 130 с.
5. ТИ 36-39-89 технологическая инструкция. Выполнение заклепочных и болтовых соединений в конструкциях, содержащих полимерные материалы. – К., 1989. – 42 с.
6. Лупкин Б.В. Научные основы механической обработки композиционных материалов, применяемых в авиационной промышленности: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – К., 1997. – 61 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., директор КиАТ О.В. Мамлюк,
Киевский авиационный техникум, Киев

Поступила в редакцию 01.03.11

Свердлення ПКМ свердлами з підрізаючими різальними кромками

Розглянуто технологічні параметри свердел з підрізаючими різальними, що впливають крайками на ефективність обробки полімерних композиційних матеріалів. Запропоновано методику заточення задніх поверхонь свердла, визначено технічні критерії затуплення інструменту для різних марок оброблюваних матеріалів.

Ключові слова: композиційні матеріали, свердлення, свердла з підрізальними крайками (ПРК), осьові сили різання, крутільний момент, якість оброблюваної поверхні, зношення, стійкість інструменту.

Drilling of Polymer Composites by use of Drills with Trimming Cutting Edges

The article analyses the technological parameters of drills with trimming cutting edges on effectiveness of drilling of polymer composites. The authors propose the methodology of sharpening of rear drill surfaces, determine technical criteria of tool dulling for various types of materials.

Keywords: composites, drilling, drills with trimming cutting edges (TCE), axial cutting forces, rotational moment, quality of the surface, deterioration, tool durability.