

**Ключевые слова:**

механическая обработка, фрезерование, режущий инструмент

Keywords:

machining, milling, cutting tool

МЕТОДЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И ОДНОРАДИУСНЫХ СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК НА МЕТЧИКАХ

Константин ДАНИЛЕНКО, Евгений ТИВИРЕВ

Проведено комплексное моделирование операции фрезерования стружечных канавок метчиков как концевыми дисковыми трехсторонними фрезами, так и дисковыми радиусными фрезами, которое позволило получить расчетные зависимости различных параметров данной операции. Приведены схемы обработки всеми видами фрез, которые реализуют процесс, с установочными параметрами.

The complex modeling of milling operations of grooves on the taps is performed both by the terminal tripartite disk cutters and disc radius cutters, which allowed us to obtain estimates depending on various parameters of the operation. The article presents the schemes of processing by all types of cutters, which implement the process with the setting parameters.

Профиль стружечных канавок стандартных метчиков имеет сложную форму, образуемую двумя сопряженными дугами и прямолинейным участком, образующим переднюю поверхность метчика. Для фрезерования такой канавки необходимо использовать специальную фасонную дисковую фрезу, причем для каждого типоразмера метчика нужна отдельная фреза. Профиль данной фрезы приведен в ГОСТ 3266-71.

Цель данной работы – обобщение и научный анализ литературных источников, позволяющих изготовить метчики с использованием унифицированного инструмента, что является актуальным при изготовлении специальных метчиков и метчиков малой партии.

По итогам работы, результаты комплексного моделирования приведены к расчетным зависимостям, которые дают возможность определить установочные размеры (параметры) технологических наладок «заготовка-инструмент», позволяю-

щих изготавливать винтовые и прямолинейные стружечные канавки метчиков стандартными фрезами.

В производственной практике, при изготовлении небольшой партии метчиков рационально использовать стружечные канавки более простой формы. Такие канавки могут иметь прямоугольный или однорадиусный профиль (рис. 1) [1].

Соотношение между основными параметрами профиля могут быть определены по приближенным зависимостям, представленным в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Параметры для однорадиусного профиля

Число канавок метчика z	Диаметр сердцевины d_c	Ширина зуба b	Радиус канавки r_k
Четырехканавочный	0,5 d	0,275 d	d
Шестиканавочный		0,2 d	z

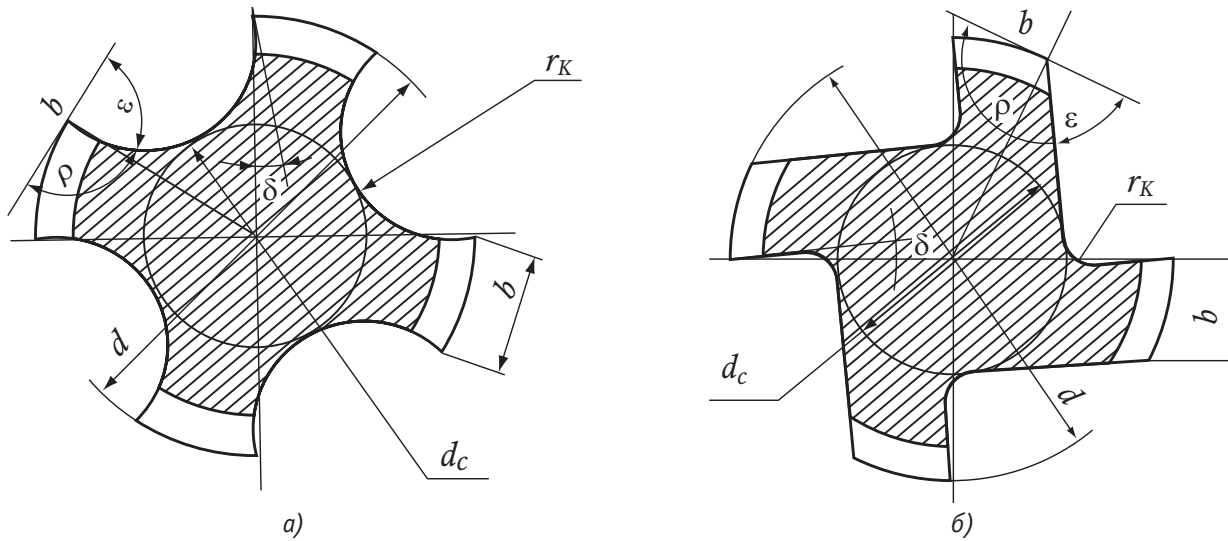


Рис. 1. Типовые профили стружечных канавок: а – однорадиусный профиль; б – прямолинейный профиль

Ниже приведен анализ возможностей получения прямоугольных и однорадиусных канавок инструментами стандартной формы:

- использование для фрезерования прямоугольных канавок дисковых трехсторонних фрез по ГОСТ 28527-90 [2];
- использование при фрезеровании прямоугольных канавок концевых фрез по ГОСТ 17025-71 [3];
- использование для образования однорадиусных стружечных канавок дисковых радиусных фрез по ГОСТ 9305-93[4].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКОВЫХ ТРЕХСТОРОННИХ ФРЕЗ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КАНАВОК

Без применения специальной установки такими фрезами обрабатывать прямые стружечные канавки нельзя, поскольку они не обеспечивают получение радиуса закругления для канавки r_K (рис. 1а). Однако при изготовлении метчиков с винтовыми канавками радиус r_K можно получить, используя специальную установку дисковой фрезы.

Таблица 2. Параметры для прямолинейного профиля

Число канавок метчика z	Диаметр сердцевин d_c	Ширина зуба b	Радиус канавки r_k
Трехканавочный	$0,45 d$	$0,395 d$	$(0,1-0,15) \times d$
Четырехканавочный	$0,5 d$	$0,23 d$	

Схема фрезерования стружечной канавки метчика с помощью дисковой трехсторонней фрезы показана на рис. 2 [5]. Для получения радиуса закругления для канавки r_K необходимо устанавливать фрезу по отношению к оси метчика не под углом наклона канавок ω , а под несколько большим углом $\omega + \Delta\omega$. При фрезеровании угол наклона канавок ω обеспечивается за счет кинематиче-

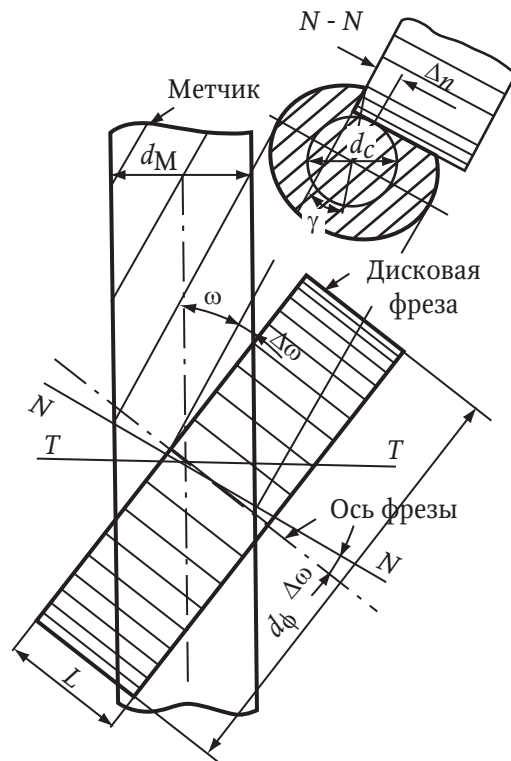


Рис. 2. Схема фрезерования стружечных канавок дисковой трехсторонней фрезой

ской настройки оснастки, в то время как фреза установлена под углом $\omega + \Delta\omega$.

На основе компьютерного моделирования форм профиля канавок, получаемых при различных углах $\Delta\omega$, было определено, что величину угла $\Delta\omega$ можно приблизительно рассчитать по эмпирической формуле: $\Delta\omega = 3,5 \times r_K^{2,6^\circ}$, где r_K – заданный радиус закругления дна канавки [5].

Для получения заданного положительного переднего угла в нормальном сечении γ_N необходимо дисковую фрезу устанавливать со смещением относительно оси метчика на величину Δ_N (рис. 2), вычисляемую по формуле:

$$\Delta_N = \frac{d_M}{2} \times \text{tg} \gamma_N, \text{ мм}, \quad (1)$$

где d_M – диаметр метчика, мм [5].

При выборе дисковой трехсторонней фрезы для фрезерования канавки необходимо учитывать, что ширина фрезы L должна обеспечивать обработку стружечной канавки по всей ширине. В первом приближении можно считать $L \geq 0,6 \times d_M$ где d_M – диаметр метчика, мм.

Методом моделирования показано, что дисковыми фрезами можно изготавливать метчики с $\omega \leq 20^\circ$. При больших углах наклона ω обычно не удается получить нужной величины «ширины зуба фрезы в нормальном сечении» b_n . А также для получения достаточных величин r необходимо устанавливать значение $\Delta\omega \approx 8^\circ$.

Следует отметить, что номенклатура стандартных дисковых трехсторонних фрез обеспечивает возможность обработки канавок метчиков во всем диапазоне их размеров.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КАНАВОК

Стружечные канавки могут быть получены концевыми фрезами. У стандартных концевых фрез, так же, как и у дисковых, не предусмотрен радиус закругления по уголку зуба, поэтому для получения радиуса закругления r_K на метчике необходимо применять специальную установку для концевой фрезы (рис. 3) [6].

На рис. 3а показана общая схема фрезерования канавки концевой фрезой, а на рис. 3б – метод установки концевой фрезы с наклоном ее торцевой поверхности по отношению к оси метчика. Чем больше этот угол наклона β , тем больше можно получить радиус закругления r_K дна канавки. Анализ форм получаемых стружечных канавок выполнен с помощью компьютерных программ, которые позволили как визуально, так и на основе размерных характеристик профиля оценить формы торцевого и нормального сечения получаемых стружечных канавок.

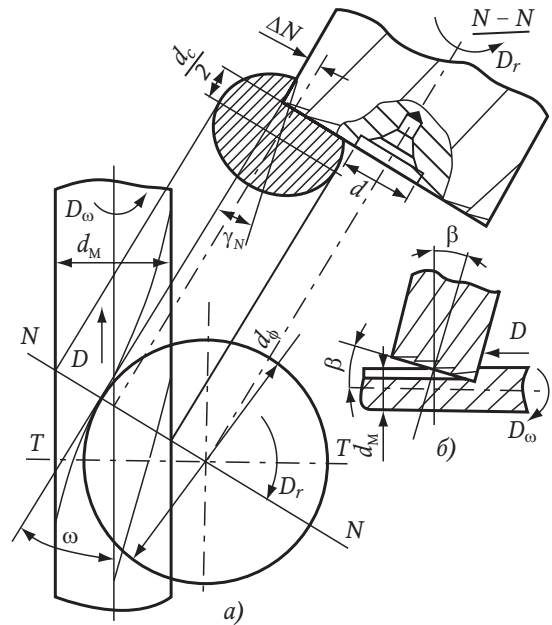


Рис. 3. Схема образования винтовой стружечной канавки метчика стандартной концевой фрезой

Обработка результатов моделирования операции фрезерования позволила получить приближенную эмпирическую формулу для расчета необходимого угла β , при котором обеспечивается требуемая величина r_K :

$$\beta = 170 \times d_M^{0,53} / d_\phi^{1,1},$$

где d_ϕ – диаметр концевой фрезы, мм [6].

В реальных условиях угол β обычно находится в пределах 10–15°, что позволяет получать радиус стружечных канавок в пределах $(0,1-0,15) \times d$.

Величина заданного нормального переднего угла γ_N определяется (как и для случая с дисковой фрезой) смещением концевой фрезы на величину Δ_N , определяемую по формуле (1), а диаметр фрезы d_ϕ выбирается с учетом ограничения $d_\phi \geq 0,6 \times d_M$ где d_M – диаметр метчика, мм (рис. 3).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОДНОРАДИУСНЫХ СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК ДИСКОВЫХ РАДИУСНЫХ ФРЕЗ

Рекомендуемые параметры торцевого сечения метчика с однорядными канавками, а также параметры используемых для образования таких канавок дисковых радиусных фрез приведены в табл. 3 [7]. Эти фрезы могут быть использованы для метчиков как с прямыми, так и с винтовыми канавками, причем отклонения от рекомендуемых параметров профиля канавок чаще всего не будут превышать допустимых величин.

Таблица 3. Параметры дисковых фрез

Диаметр метчика d_m , мм	Параметры дисковой фасонной радиусной фрезы				
	характеристика	радиус профиля зуба R , мм	ширина B , мм	наружный диаметр фрезы d_f , мм	
4	ГОСТ	1,00	2	50	
5		1,25	2,5		
6		Спец	1,50		3
7	1,75		3,5		
8	ГОСТ	2,00	4		
9	Спец	2,25	4,5		
10	ГОСТ	2,50	5		
11	Спец	2,75	5,5		
12	ГОСТ	3,00	6		
14	Спец	3,50	7		63
15		3,75	7,5		
16	ГОСТ	4,00	8		
17	Спец	4,25	8,5		
18		4,50	9		
20	ГОСТ	5,00	10		
22	Спец	5,50	11		
24	ГОСТ	6,00	12		
25	Спец	6,25	12,5	80	
26		6,50	13		
27		6,75	13,5		
28	ГОСТ	7,00	14		
30	Спец	7,50	15		
32	ГОСТ	8,00	16		
33	Спец	8,25	16,5		
35		8,75	17,5		
	ГОСТ	9,00	18		100

Передний угол для прямых канавок $\gamma_N = 15^\circ$, а для винтовых – нормальный передний угол $\gamma_N = 12^\circ$, что приемлемо для метчиков.

ВЫВОДЫ

- Прямолинейный профиль винтовых стружечных канавок может быть получен фрезерованием стандартными дисковыми и концевыми фрезами.
- Установочные размеры фрезы определяются в зависимости от метчика:
 - ✓ фреза смещается в радиальном направлении заготовки на глубину, равную d ;
 - ✓ при любом из рассмотренных способов фрезерования для получения положительного переднего угла необходимо выполнить смещение относительно центра заготовки торца дисковой фрезы и образующей цилиндрического

участка концевой фрезы на величину $\Delta_N = \frac{d_M}{2} \times \text{tg} \gamma_N$;

- ✓ для получения рекомендуемых значений радиуса сопряжения дна стружечной канавки $r_k = (0,1-0,15) \times d$, при фрезеровании трехсторонней дисковой фрезой необходимо выполнить разворот оси фрезы на угол примерно равный 8° , то есть $\omega_{уст} = \omega + 8^\circ$; а при фрезеровании концевой фрезой – выполнить наклон оси инструмента в вертикальной плоскости на угол β .
- Анализ показал, что для получения приемлемых величин ширины зуба в нормальном сечении для метчиков с винтовыми канавками необходимо устанавливать угол наклона канавок ω не более 20° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Древалъ А.Е. Расчет и конструирование метчиков: уч. пособ. М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1979. 31 с.
2. ГОСТ 28527-90. Фрезерования прямоугольных канавок дисковыми трехсторонних фрез. Введ. 01.01.1991. М.: Изд-во стандартов, 1991. IV. 9 с.: ил. 4.
3. ГОСТ 17025-71. Фрезеровании прямоугольных канавок концевых фрез. Введ. 01.01.1973. М.: Изд-во стандартов, 2005. IV. 11 с.: ил. 3.
4. ГОСТ 9305-93. Использование для образования однорядных стружечных канавок дисковых радиусных фрез. Введ. 21.10.1974. М.: Изд-во стандартов, 1974. IV. 16 с.: ил.6.
5. Даниленко Б.Д., Баландин А.Д. Анализ возможностей образования стружечных канавок метчиков дисковыми трехсторонними фрезами // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2013. № 2(203). С. 35–38.
6. Даниленко Б.Д., Баландин А.Д. Анализ возможностей получения винтовых стружечных канавок на метчиках с помощью концевых фрез // СТИН. 2012. № 1. С. 8–11.
7. Даниленко Б.Д., Баландин А.Д. Анализ возможности получения стружечных канавок на метчиках дисковыми радиусными фрезами // Известия ВУЗов. Машиностроение. 2008. № 8. С. 62–65.

ДАНИЛЕНКО Константин Борисович – старший преподаватель кафедры «Прикладная механика» МГТУ им. Н.Э. Баумана

ТИВИРЕВ Евгений Геннадьевич – преподаватель кафедры «Инструментальная техника и технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана