

## Учебно-методическая работа

УДК 621.9.01

### Новый метод получения стружечных канавок на концевых фреззах

А.Д. Баландин<sup>1</sup>, Б.Д. Даниленко<sup>2</sup><sup>1</sup> Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, 248000, Калуга, Российская Федерация, Баженова ул., д. 2.<sup>2</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

### A new method of making chip grooves on end mills

A.D. Balandin<sup>1</sup>, B.D. Danilenko<sup>2</sup><sup>1</sup> Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Bazhenova str., 2, 248000, Kaluga, Russian Federation.<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation. e-mail: danilenko@bmstu.ru

**i** Стружечная канавка обрабатывается специальной дисковой фасонной фрезой, профиль зуба которой используется только для одного типоразмера концевой фрезы. В статье проанализирован процесс образования стружечных канавок на концевых фреззах. Предложена замена сложнопольных дисковых фрез на двухугловые дисковые фрезы. Приведен порядок выбора типа двухугловых фрез, выпускаемых по ТУ 2-035-526, которые при специальной установке обеспечивают получение профиля канавки, близкого к рекомендуемому стандарту. Для образования требуемого профиля канавки кроме подбора угла профиля угловой фрезы необходимо определенным образом установить эту фрезу относительно заготовки концевой фрезы. Описан предлагаемый способ расчета требуемого угла профиля двухугловой фрезы и полученные на основе компьютерного расчета значения параметров ее установки для некоторых типов концевых фрез.

**Ключевые слова:** концевая фреза, стружечная канавка, фасонная фреза, двухугловая фреза, угол профиля, специальная установка, параметры установки.

**i** A chip groove is processed by a special shaped disc cutter, whose tooth profile fits only a particular end mill standard size. The paper analyzes the formation of chip grooves on end mills. Complex profile disk cutters are proposed to be replaced with double-angle disc cutters. Guidelines on choosing TU 2-035-526-type double-angle disc cutters to provide groove profiles very much like the recommended standard ones are given. To obtain the desired groove profile, not only the profile angle should be chosen, but also the double-angle disc cutter should be installed in a certain manner relative to the workpiece. Numerical techniques for calculating the required profile angle of a double-angle disc cutter and installation options for several types of end mills are described.

**Keywords:** end mill, chip groove, shaped disc cutter, double-angle milling cutter, profile angle, installation options.

Производители режущего инструмента с винтовыми стружечными канавками отказываются от использования для образования канавок фасонного инструмента второго порядка и заменяют его инструментом со стандартными прямолинейными кромками зуба. В этом случае профиль сечения канавки чаще всего несколько отличается от рекомендуемой стандартной формы, однако

это позволяет обойтись без дорогого фасонного инструмента.

Цель работы — обоснование нового метода получения стружечных канавок, позволяющего снизить затраты на изготовление концевых фрез.

Проанализируем возможности замены фасонных криволинейных зубьев дисковых фрез на угловые зубья путем подбора для этого соответ-

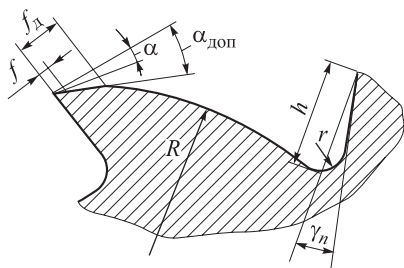


Рис. 1. Параметры, характеризующие стандартный профиль нормального сечения зуба концевой фрезы

ствующей стандартной величины угла при вершине  $\epsilon_\phi$ .

Форма стружечной канавки концевых фрез по ГОСТ 17027–82 и ГОСТ 17026–82 показана на рис. 1.

Стружечные канавки концевых фрез фрезеруются дисковыми фасонными фрезами с криволинейным профилем зуба. Изготовление и эксплуатация этих фрез представляет определенные трудности, поскольку для каждого размера концевой фрезы необходима своя фреза для канавки. Поэтому актуальна проблема замены фасонных фрез более простыми.

Если затылок зуба в нормальном сечении в соответствии с ГОСТом имеет прямолинейную форму (цековки, некоторые виды разверток с винтовыми зубьями, цельные торцевые фрезы из быстрорежущей стали и другие инструменты), канавки фрезеруются чаще всего стандартными угловыми фрезами (рис. 2, а), профиль зубьев которых имеет прямолинейные кромки. Однако при фрезеровании такими фрезами профиль нормального сечения канавок получается криволинейным (рис. 2, б) [1–3].

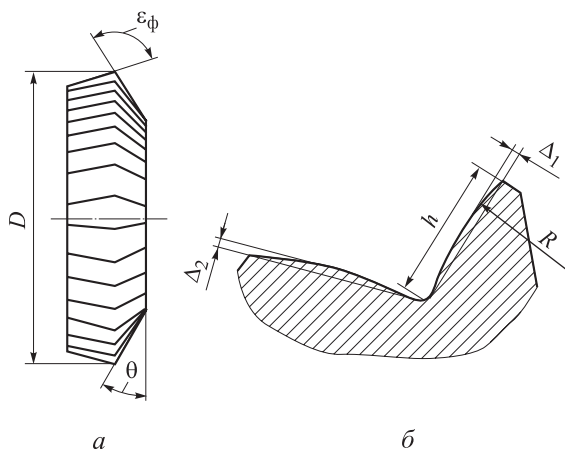


Рис. 2. Двухугловая фреза для обработки стружечных канавок режущих инструментов (а) и профиль нормального сечения обработанной канавки (б)

Отклонение от прямолинейности передней поверхности, характеризуемое отклонением  $\Delta_1$ , имеет меньшее значение (обычно  $\Delta_1 \leq 0,25$  мм), в то время как отклонение  $\Delta_2$  на затылке зуба может составлять значительную величину.

В результате расчетов на компьютере было получено, что профиль затылка зуба и отклонение  $\Delta_2$  зависят от диаметра и числа зубьев фрезеруемого инструмента, угла  $\omega$ , схемы установки фрезерующего инструмента и некоторых других факторов [1].

Анализ форм нормального сечения канавок, получаемых при фрезеровании криволинейных затылков двухугловыми фрезами при их специальной установке, позволяет получить профили канавок, близкие к рекомендуемым ГОСТом. Выбор двухугловой фрезы для получения таких канавок требует подбора угла при вершине фрезы  $\epsilon_\phi$  наиболее подходящего для этого типа-размера канавки.

Однако стандартные двухугловые фрезы, выпускаемые по ТУ-035-526 [4], имеют стандартные величины углов  $\epsilon_\phi$  и выбрать фрезу с необходимым углом  $\epsilon_\phi$  можно только из этого ряда значений. Для этого необходимо предварительно определить угол профиля нормального сечения требуемой канавки  $\epsilon_n$ , приближенно характеризующего форму криволинейной канавки.

Упрощенная форма нормального сечения стружечной канавки концевой фрезы, полученной после фрезерования двухугловой фрезой (в связи с малой величиной  $\Delta_1$  передняя поверхность условно изображена прямолинейной), показана на рис. 3.

Наружный диаметр  $D_n$  соответствует приведенному диаметру  $D_{пр}$  в нормальном сечении канавки, повернутому на угол наклона стружечных канавок  $\omega$ . Приведенный диаметр  $D_{пр}$

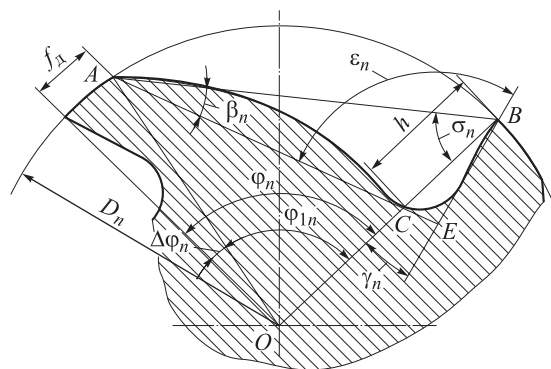


Рис. 3. Упрощенная форма нормального сечения стружечной канавки, обработанной двухугловой фрезой

соответствует также приведенному числу зубьев концевой фрезы  $Z_{пр}$ .

При подготовке исходных данных для подбора угловой фрезы и определения параметров ее установки необходимо выполнить следующие этапы:

1) определить величину «приведенного» угла профиля канавки  $\varepsilon_n$ , который хорошо вписывается во впадину стружечной канавки в нормальном сечении;

2) подобрать стандартную угловую фрезу с углом  $\varepsilon_\phi$ , близким по величине углу  $\varepsilon_n$ ;

3) с помощью компьютерной программы определить значение  $\varepsilon_\phi$  и параметры установки выбранной стандартной угловой фрезы для получения приемлемой формы канавки.

На первом этапе осуществляется расчет по следующим формулам (см. рис. 3):

$$D_{пр} = D_n = D_\phi / \cos^2 \omega; \quad Z_{пр} = Z_n = Z_\phi / \cos^2 \omega;$$

$$\varphi_n = 360^\circ / Z_n; \quad \Delta\varphi_n = 2 \arcsin (f_{дн} / D_n);$$

$$\varphi_{1n} = \varphi_n - \Delta\varphi_n; \quad \sigma_n = 90^\circ - \varphi_{1n} / 2;$$

$$(AB)_n = D_n \sin (\varphi_{1n} / 2);$$

$$(AC)_n = \sqrt{(AB)_n^2 + h^2 - 2(AB)_n h \cos \sigma_n};$$

$$\sin \beta_n = h \sin \sigma_n / (AC)_n; \quad \varepsilon_n = 180^\circ - \beta_n - \sigma_n - \gamma_n.$$

Приведенные углы  $\varepsilon_n$  для некоторых стандартных концевых фрез и результаты расчета представлены в таблице.

По рассчитанному значению  $\varepsilon_n$  предварительно выбирается ближайшее значение  $\varepsilon_\phi$  из стандартного ряда углов  $\varepsilon_\phi$ : 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 и 100° [4].

В некоторых случаях предварительно установленные значения углов  $\varepsilon_\phi$  не обеспечивают хорошего совпадения со стандартным профилем канавки (рис. 4, а) и необходимо уточнять значение  $\varepsilon_\phi$  с помощью компьютерного анализа. Уточненные значения  $\varepsilon_\phi$  приведены в таблице.

По результатам компьютерного анализа было определено, что специальной установкой фрезы



Рис. 4. Профили нормального сечения стружечных канавок, обработанных угловой фрезой:

а — без коррекции параметров установки; б — после коррекции параметров установки

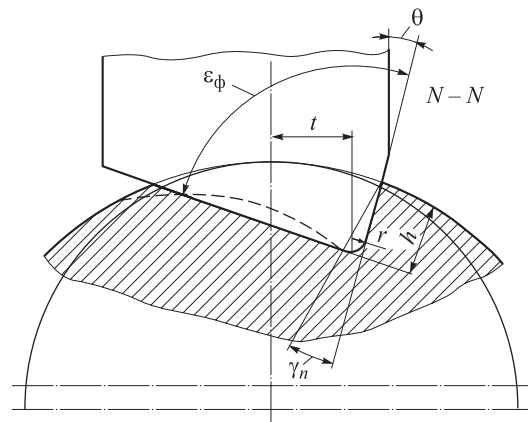


Рис. 5. Расчетная схема для определения величины смещения вершины угловой фрезы  $t$  при ее установке для операции фрезерования канавки

можно добиться получения профиля канавки, практически не отличающегося от регламентированного стандартом (рис. 4, б). Для этого необходимо устанавливать плоскость вращения фрезы

Параметр	Фреза					
	мелкозубая			крупнозубая		
Диаметр концевой фрезы $D$ , мм	12	20	50	12	20	50
Количество зубьев $Z$	4	5	6	3	3	4
Угол наклона канавок $\omega$ , град	30	30	30	40	40	40
Рассчитанный угол профиля канавки $\varepsilon_n$ , град	82	78	74	84	83	73
Угол профиля зуба канавочной фрезы $\varepsilon_\phi$ , град	85	75	75	85	85	75
Угол установки зуба канавочной фрезы $\omega_{уст}$ , град	28	32	33	39	38	42
Смещение канавочной фрезы $t$ , мм	3,7	4,0	11,0	4,2	6,0	12,5

по отношению к оси заготовки не под углом наклона канавок  $\omega$ , а под несколько измененным углом  $\omega_{уст}$ . При этом угол наклона  $\omega$  должен обеспечиваться кинематической настройкой оснастки. Кроме того, вершина зуба фрезы должна быть смещена в направлении ее оси относительно точки скрещивания осей фрезы и заготовки на специально рассчитанную величину  $t$  (рис. 5).

В качестве примера в таблице приведены значения углов установки  $\omega_{уст}$  смещений  $t$ , позволяющие получить форму канавок, близкую к стандартной, для некоторых типоразмеров концевых фрез с коническим хвостовиком по ГОСТ 17026–82.

Предлагаемый метод получения стружечных канавок на концевых фрезах позволяет отказаться от использования сложного фасонного инструмента второго порядка и значительно снизить затраты на изготовление концевых фрез.

## Выводы

1. Замена фрез с криволинейными кромками зуба более простыми угловыми возможна только при специальной установке угловых фрез.

2. Новый метод образования канавок позволяет определить величины установленных параметров для операций фрезерования при изготовлении всех типоразмеров концевых фрез.

## Литература

- [1] Даниленко Б.Д., Баландин А.Д. Расчет припуска на заточку винтовых канавок инструментов. *СТИН*, 2008, № 5, с. 16–17.
- [2] Даниленко Б.Д., Баландин А.Д. Анализ возможностей получения винтовых канавок на метчиках с помощью концевых фрез. *СТИН*, 2012, № 11, с. 8–11.
- [3] Даниленко Б.Д., Баландин А.Д. Анализ возможностей образования стружечных канавок метчиков дисковыми трехсторонними фрезами. *Справочник. Инженерный журнал*, 2013, № 2, с. 37–39.
- [4] Дальский А.М., ред. *Справочник технолога-машиностроителя*. В 2 т. Т. 2. Москва, Машиностроение, 2001. 944 с.

## References

- [1] Danilenko B.D., Balandin A.D. Raschet pripuska na zatochku vintovykh kanavok instrumentov [Payment allowance for sharpening tools helical grooves]. *STIN* [Russian Engineering Research]. 2008, no. 5, pp. 16–17.
- [2] Danilenko B.D., Balandin A.D. Analiz vozmozhnostei polucheniia vintovykh kanavok na metchikakh s pomoshch'iu kontsevykh frez [Analysis of opportunities helical grooves on the tap with the help of end mills]. *STIN* [Russian Engineering Research]. 2012, no. 11, pp. 8–11.
- [3] Danilenko B.D., Balandin A.D. Analiz vozmozhnostei obrazovaniia struzhechnykh kanavok metchikov diskovymi trekhstoronnimi frezami [Analysis of possibilities to form chip grooves of taps by side milling cutters]. *Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal* [Handbook. An Engineering journal]. 2013, no. 2, pp. 37–39.
- [4] *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitel'ia* [Directory technologist-machinist]. Ed. Dal'skii A.M. In 2 vol. Vol. 2. Moscow, Mashinostroenie publ., 2001. 944 p.

Статья поступила в редакцию 28.04.2014

## Информация об авторах

**БАЛАНДИН Анатолий Дмитриевич** (Калуга) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии». Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана (248000, Калуга, Российская Федерация, Баженова ул., д. 2).

**ДАНИЛЕНКО Борис Дмитриевич** (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: danilenko@bmstu.ru).

## Information about the authors

**BALANDIN Anatoliy Dmitrievich** (Kaluga) — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of «Tool Equipment and Technologies» Department. Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Bazhenova str., 2, 248000, Kaluga, Russian Federation).

**DANILENKO Boris Dmitrievich** (Moscow) — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of «Tool Equipment and Technologies» Department. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya str., 5, 105005, Moscow, Russian Federation, e-mail: danilenko@bmstu.ru).