

УДК 621.914.22

Парненко В.С.  
НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВПАДИН ОБКАТОЧНЫХ ДИСКОВЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПИЛ С НЕРАВНОМЕРНЫМ ШАГОМ

Parnenko V.  
National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine (art@artograph.com.ua)

### CALCULATION OF THE PARAMETERS FOR DISC SAWS THAT USE METHOD OF RUNNING FOR TOOLMAKING WITH UNEVEN TOOTH PITCH

*Рассмотрены особенности расчета углового шага зубьев инструмента второго порядка, а также их расположения, для обработки заготовок с неравномерным шагом зубьев. Представлена методика расчета, которая позволяет в зависимости от величины неравномерности и некоторых других параметров рассчитать углы между зубьями на режущем инструменте. Показан принцип разбивки зубьев по шагу в зависимости от различного числа зубьев.*

*Ключевые слова:* режущие зубья, неравномерный шаг зубьев, угловой шаг, инструмент второго порядка.

#### Введение

Многозубые инструменты в инструментальном производстве получили широкое распространение. К таким деталям относятся фрезы отрезные или пилы. Рассматриваемые многозубые инструменты могут быть с прямыми и наклонными канавками, с равномерным и неравномерным шагом зубьев.

Наибольшее распространение в практике получили дисковые отрезные пилы с равномерным шагом зубьев. Однако в ряде случаев использование неравномерного шага зубьев дает положительный эффект.

Одним из таких эффектов является повышение работоспособности дисковых пил за счет снижения вибраций. Для понижения вибраций таких пил и применяется неравномерный шаг зубьев [1]. В данное время эти пилы изготавливаются методом деления угловыми дисковыми фрезами на станках с ЧПУ, а также шлифовальными кругами. При неравномерном шаге зубьев обработка стружечных канавок производится на фрезерных станках с помощью делительных головок методом копирования. При этом для того, чтобы получить неравномерный шаг зубьев при переходе от обработки одной стружечной канавки к смежной приходится осуществлять поворот заготовки на разные углы вокруг ее оси и соответственно вести фрезерование стружечных канавок с переменной глубиной, что усложняет процесс изготовления инструмента. Для того, чтобы повысить точность обработки по шагу и производительность процесса изготовления рассматриваемых изделий предложено применять фасонные обкаточные фрезы с неравномерным шагом зубьев и обрабатывать такие пилы методом обкатки [2]. Поэтому, важной задачей является создание дисковой обкаточной фрезы, обеспечивающей существенное повышение производительности и точности обработки рассматриваемых дисковых пил с неравномерным шагом зубьев.

Чтобы получить неравномерный шаг зубьев дисковых пил необходимо решить задачу по проектированию специального инструмента второго порядка – дисковой фрезы. Такая фреза позволяет методом обкатки обрабатывать дисковые пилы с требуемым качеством. Именно за счет неравномерности углового шага фрезы отпадает необходимость в изготовлении режущего инструмента с различными профилями зубьев. Это упрощает изготовление данного инструмента. В процессе зубонарезания каждый зуб обкаточной дисковой фрезы обрабатывает впадину зуба на пиле, которая соответствует шагу в группе. Число заходов обкаточной дисковой фрезы с неравномерным шагом должна быть кратна числу зубьев в группе. Поэтому возникает задача расчета необходимых параметров дисковой обкаточной фрезы для обработки дисковых пил с неравномерным шагом зубьев.

#### Цель

Цель работы – определение характеристик дисковой фрезы, работающей методом обкатки, связанных с числом зубьев в группе дисковой пилы с неравномерным шагом, а именно, неравномерность окружного шага, угловой шаг и расположение зубьев, высоту и глубину канавки зуба, радиусы впадин зубьев.

**Исследование**

Фасонные обкаточные фрезы проектируются с небольшим числом  $Z_0$ , которое колеблется от 1 до 6. При обработке изделия с числом зубьев  $Z$  обкаточная фреза и заготовка вращаются вокруг своих осей. При повороте фрезы на один зуб заготовка также поворачивается на один зуб. Для однозубой фрезы одному ее обороту соответствует поворот заготовки на  $1/Z_1$  оборота. Для того, чтобы получить неравномерный шаг зубьев на обрабатываемом инструменте, обкаточная фасонная фреза проектируется также с неравномерным шагом зубьев. Величина неравномерности окружного шага зубьев фасонной обкаточной фрезы зависит от требуемой неравномерности шага зубьев обрабатываемого инструмента.

Для расчета углового шага и расположения зубьев инструмента второго порядка для обработки заготовок с неравномерным шагом зубьев рекомендуется следующая методика, которая позволяет в зависимости от величины неравномерности и некоторых других параметров легко рассчитать углы между зубьями на режущем инструменте [3].

Исходными данными для данного расчета будут:

- количество зубьев на заготовке  $Z$ ;
- количество зубьев в группе  $Z_{ГР}$ ;
- величина неравномерности шага  $P\%$ ;

Расчет ведется по ниже приведенным шагам:

1. Нормальный шаг зубьев.

$$\varepsilon = \frac{360^\circ}{Z}; P_{окр} = \frac{\pi \cdot D}{Z} \quad (1)$$

где  $Z$  - число зубьев заготовки (изделия)

2. Принимаем число зубьев в группе  $Z_{ГР}$ . Число зубьев обкаточной дисковой фрезы зависит от кинематики принятого процесса обработки и обычно колеблется от 4-х до 6-ти, что связано с формообразованием поверхности детали с требуемой точностью и величинами отклонений статических геометрических параметров от инструментальных.

3. Определяем число групп

$$n = \frac{Z}{Z_{ГР}} \quad (2)$$

4. Угол охватываемый одной группой

$$\Psi = \frac{360^\circ}{n} \quad (3)$$

5. Выбираем величину неравномерности, в соответствии с опытными данными

$$10\% \leq P \leq 30\% ; P=30\% \quad (4)$$

6. Определяется величина неравномерности  $\Delta$  соседних зубьев в градусах

$$\Delta^\circ = \frac{P \cdot \varepsilon}{100} = \frac{30 \cdot \varepsilon}{100} \quad (5)$$

7. Принимаемая разбивка по шагу

Для различного числа зубьев в группе разбивка будет иметь немного отличный вид.

Таблица 1

**Разбивка по шагу при количестве зубьев в группе равном 4**

№	1	2	3	4	
$Z_{ГР}=4,^\circ$	$X_1$ или $\varepsilon_1$	$X_1+\Delta$ или $\varepsilon_2$	$X_1+2\Delta$ или $\varepsilon_3$	$X_1+\Delta$ или $\varepsilon_2$	4 $\sum_{i=1}^4 \varepsilon_i$

Или

Таблица 2

**Разбивка по шагу при количестве зубьев в группе равном 6**

№	1	2	3	4	5	6	
$Z_{ГР}=6,^\circ$	$X_1$ или $\varepsilon_1$	$X_1+\Delta$ или $\varepsilon_2$	$X_1+2\Delta$ или $\varepsilon_3$	$X_1+3\Delta$ или $\varepsilon_4$	$X_1+2\Delta$ или $\varepsilon_5$	$X_1+\Delta$ или $\varepsilon_6$	6 $\sum_{i=1}^6 \varepsilon_i$

и так далее.

8. Минимальный шаг зубьев

$$x_1 = \varepsilon_1 = \frac{\Psi - \sum \Delta}{Z_{ГР}}; \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 + \Delta \quad \text{и т.д.} \quad (6)$$

Результаты заносим в таб.1 и таб.2.

9. Величина  $\Delta r$  радиуса обкаточной фрезы при переходе от одного зуба к соседнему определяется по формуле

$$\Delta r = \frac{R \cdot \cos(\gamma - \varepsilon_i) \cdot (\varepsilon_i - \varepsilon_{i+1}) \cdot \cos \phi}{\sin \Theta}; \quad (7)$$

где  $R$  – радиус заготовки обрабатываемой пилой;

$\varepsilon_i$  - шаг рассматриваемого зуба обрабатываемой пилой;

$\varepsilon_{i+1}$  - шаг соседнего зуба обрабатываемой пилой.

Особенностью данных инструментов является то, что зубья обкаточных фрез имеют различный радиус  $R_i$  вершин и их смещение  $B_i$  вдоль оси инструмента. Величина  $\varepsilon_i - \varepsilon_{i+1}$  определяется в радианах. Зная величины  $\Delta r$  при переходе от одного зуба обкаточной фрезы к соседнему рассчитываются радиусы всех зубьев обкаточной фрезы. При этом известным считается радиус  $R_1$  первого зуба обкаточной фрезы.

10. Определяем все глубины  $h_i$  впадин зубьев в группе.

Исходные данные:  $\gamma^\circ$ ,  $\Theta^\circ$ ,  $D$  мм

$$h_i = \frac{0,5 \cdot D \cdot [1 - \cos(\varepsilon_i) + \sin(\varepsilon_i) \cdot \operatorname{ctg}(\Theta + \gamma)]}{1 - \operatorname{tg}(\gamma) \cdot \operatorname{ctg}(\Theta + \gamma)} \quad (8)$$

где  $\gamma^\circ$  - передний угол зуба на получаемом изделии;

$\Theta^\circ$  - угол профиля получаемого изделия;

$D$  - диаметр заготовки.

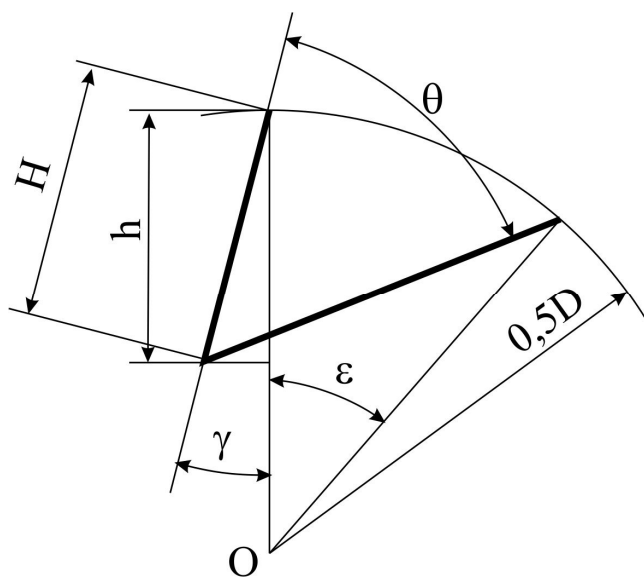


Рис. Параметры впадины зуба обкаточной фрезы

11. Определим высоту впадины, измеренную по передней плоскости:

$$H_i = \frac{h_i}{\cos(\gamma)} \quad (9)$$

12. При известной высоте зуба можно определить радиусы, на которых лежат впадины получаемых зубьев.

$$r_i = \sqrt{\left(\frac{D}{2} - h_i\right)^2 + (h_i \cdot \tan(\gamma))^2} \quad (10)$$

13. Рассчитаем неравномерный шаг на фасонной фрезе, для обработки рассчитанных впадин зубьев.

Т.к. в группе  $Z_{гр}$  зубьев, то на  $(Z_{гр}+1)$  зубе режущий инструмент должен произвести полный поворот ( $360^\circ$ ). Принимаем, что  $\varepsilon_i$  равно произведению переменной величины  $n_i$  на постоянную для всех углов величину  $q$  углов шага.

$$\varepsilon_i = n_i q \quad (11)$$

обычно принимается, что

$$q = \varepsilon_i \quad (12)$$

При этом соблюдается условие - произведение суммы переменных величин и постоянной величины углов шага равно  $360^\circ$ .

$$(\sum n_i) q = 360^\circ \quad (13)$$

Из этого условия находим постоянную величину  $q$ .

$$q = \frac{360^\circ}{\sum n_i} \quad (14)$$

Зная величину  $q$  находим значения неравномерных шагов зубьев.

### Выводы

Определены параметры обкаточных дисковых фрез с неравномерным шагом связанных с числом зубьев в группе дисковой пилы с неравномерным шагом. Приведены формулы для расчета числа групп зубьев, радиуса обкаточной фрезы про переходе от одного зуба к следующему, для определения глубины и высоты впадины зуба.

Данная методика позволяет рассчитать параметры дисковой обкаточной фрезы с неравномерным шагом для ее изготовления и использования в реальных производственных условиях.

**Анотація.** Розглянуто особливості розрахунку кутового кроку зубів інструменту другого порядку, а так само їх розташування, для обробки заготовок з нерівномірним кроком зубів. Представлена методика розрахунку, яка дозволяє залежно від величини нерівномірності і деяких інших параметрів легко розрахувати кути між зубами на ріжучому інструменті. Показаний принцип розбивки зубів по кроці в залежності від різного числа зубів.

**Ключові слова:** ріжучі зуби, нерівномірний крок зубів, кутовий крок, інструмент другого порядку.

**Abstract. Purpose.** To get uneven tooth pitch of saws it necessary to solve the problem of manufacturing special tools of the second order. Such an instrument will be disc shaped cutter. This cutter must also have an uneven tooth pitch.

**Design/methodology/approach.** As practice shows disc shaped cutter with uneven tooth pitch can handle saws with the required quality parameters and without much difficulty. Due to the uneven of angular pitch of the disc shaped cutter is no longer necessary to manufacture cutting tools with different profiles of teeth. This simplifies the manufacture of the tool. This article describes the features of the calculation of the angular pitch of the teeth of the second-order tool, as well as their location, for workpieces with uneven tooth pitch.

**Findings.** The technique of calculation that is shown in this article, depending on the uneven tooth pitch, and several other parameters allows easily calculate the angles between the teeth of the cutting tool.

Also shows the principle of breakdown of the teeth by step according to the different number of teeth.

**Originality/value.** This method allows to calculate the parameters of the instrument for its manufacture and use in actual production conditions.

**Keywords:** Uneven, Tooth, Pitch, Saw, Cutter.

### Библиографический список использованной литературы

1. Определение критерия динамического состояния дисковой пилы. / [ Бабенко А.Е., Равская Н.С., Боронко О.А., Лорох Р.]. — К. : Сб. Вестник НТУУ «КПИ», Машиностроение, Вып. 33, 1998. — С.6.
2. Режущий инструмент: [учебник для вузов] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, В.И. Кокарев, А.Г. Схиртладзе. — М.: Машиностроение, 2007. — 528 с. ISBN 978-5-217-03373-7.
3. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. - К. : Вища школа, 1990. — 424 с.

### References

1. Babenko A.E., Ravskaja N.S., Boronko O.A., Loroh R. Opredelenie kriterija dinamicheskogo sostojanija diskovoj pily. (Definition of criteria of the dynamic state of the saw blade). Kiev: Vestnik NTUU «KPI», Mashinostroenie, Vyp. 33, 1998, 6 p.
2. D.V. Kozhevnikov, V.A. Grechishnikov, S.V. Kirsanov, V.I. Kokarev, A.G. Shirladze. Rezhushhij instrument. (Cutting tools). Moscow: Mashinostroenie, 2007, 528 p.
3. Rodin P.R. Osnovy proektirovanija rezhushhij instrumentov. (Basics of designing cutting tools.). Kiev: Vishha shkola, 1990, 424 p.