

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ ОГРАНКИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ НАРУЖНОЙ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОЙ РЕЗЬБЫ ДИСКОВОЙ ФРЕЗОЙ ДЕТАЛИ «ВИНТ»

*Виноградов В.И., Зенкин Н.В.*

**Ключевые слова:** фрезерование резьбы дисковой фрезой, огранка, подача на зуб, разность углов, средняя толщина среза, число зубьев фрезы.

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию процесса фрезерования наружной трапецеидальной резьбы дисковой фрезой. Рассмотрена схема образования погрешности формы – огранки. Приведены формулы и последовательность для расчета величины огранки. Получены графики зависимости величины огранки от подачи на зуб, разности углов поворота, диаметра фрезы, числа зубьев фрезы.

## INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE FACET PATTERN ON VARIOUS PARAMETERS WHEN MILLING THE EXTERNAL TRAPEZOIDAL THREAD WITH A SIDE MILLING CUTTER OF THE «SCREW» PART

*Vinogradov V.I., Zenkin N.V.*

**Keywords:** milling the thread with a side milling cutter, facet pattern, feed per tooth, average cut thickness the number of teeth of the cutter.

**Abstract.** The article is devoted to the research of the process of milling the external trapezoidal thread with a side milling cutter. The scheme of formation of the poor shape precision – facet pattern is considered. The formulas and the sequence for calculating the size of the facet pattern are given. Graphs of the dependence of the size of the facet pattern on the feed per tooth, the difference in the angles of rotation, the diameter of the cutter, the number of teeth of the cutter are obtained.

Фрезерование резьбы дисковыми фрезами применяется, главным образом, для нарезания одно- и многозаходных трапецеидальных резьб и червяков. Процесс нарезания резьбы: вращающаяся фреза прорезает в обрабатываемой детали паз, профиль которого соответствует профилю впадины резьбы. Нарезание происходит при медленном вращении обрабатываемой детали и продольной подаче фрезы на шаг резьбы за каждый оборот детали [1].

Одной из особенностей фрезерования дисковой фрезой является так называемая «огранка». Данная погрешность формы возникает из-за того, что при обработке деталь не стоит неподвижно, а медленно вращается вокруг своего центра  $O$  (рис. 1) и за время поворота инструмента на угол контакта деталь повернется на угол  $\sigma$ , то есть второй зуб фрезы коснется детали в точке  $F$  [2]. От величины огранки зависит работоспособность сопрягаемой пары деталей машин [3]. Высота огранки вычисляется по формулам, приведенным в таблице 1.

На рисунке 2 представлена деталь «Винт» с трапецеидальной резьбой Тг 36х6-8g, изготавливаемая на ОАО «Калугатрансмаш».

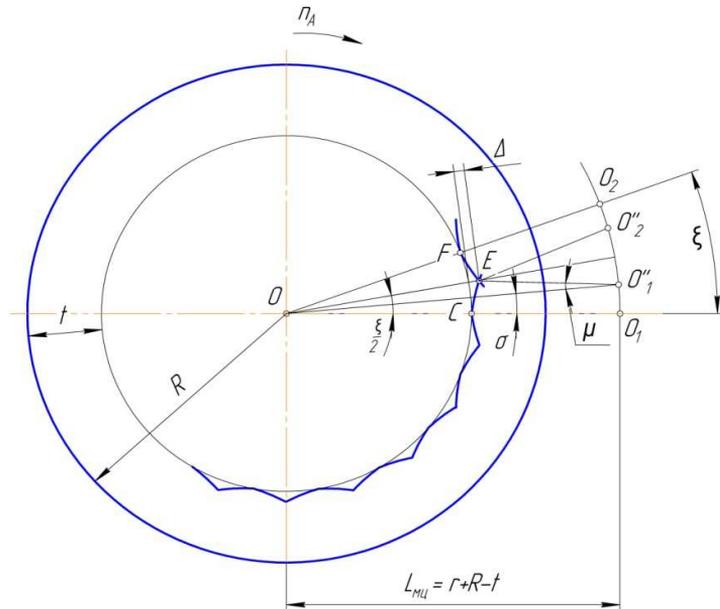


Рис. 1. Схема образования огранки Δ

Табл. 1. Последовательность и формулы расчета высоты огранки Δ

1	$\cos\theta = 1 - \frac{0,5(S+1) \cdot (2R - 0,5S - 0,5)}{2r(r+R-0,5S-0,5)}$
2	$\theta$
3	$a_{cp} = \frac{0,3 \cdot S \cdot s_z}{\theta r + \frac{s_z}{2}}$
4	$\frac{\xi}{2} - \sigma = \frac{\frac{\xi}{2}}{1 + \frac{R-t}{r} \cdot \frac{n_A}{n_B}} = \frac{a_{cp} \theta r}{R(2t - a_{cp}) + (R-t)a_{cp} z \frac{\theta}{\pi}}$
5	$L_{mц} = r + R - t;$
6	$\Delta = L_{mц} \cdot \cos\left(\frac{\xi}{2} - \sigma\right) - \sqrt{r^2 - L_{mц}^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\xi}{2} - \sigma\right)} - (R - t);$

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

$t$  – глубина резания равная  $0,5S$ ;  $S$  – шаг резьбы;

$R$  – радиус резьбы;  $r$  – радиус фрезы;

$\left(\frac{\xi}{2} - \sigma\right)$  – разность угла поворота детали между началом 2-х последующих

резов и угла поворота детали за время поворота инструмента на угол  $\mu$ ;

$\theta$  – угол поворота вращающегося инструмента, необходимый для врезания его зуба на всю глубину срезаемого припуска (угол контакта);

$a_{cp}$  – средняя толщина среза;

$L_{mц}$  – расстояние между осями вращения детали и инструмента.

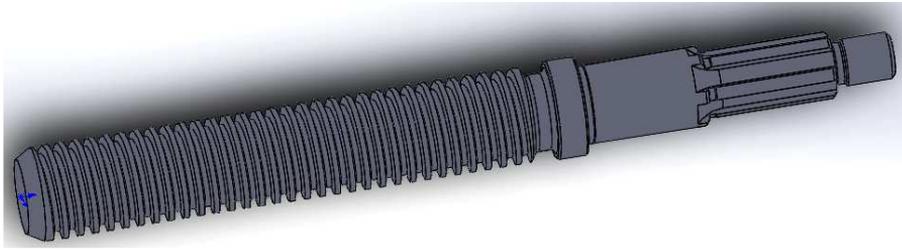


Рис. 2. Деталь «Винт»

Подставляя в формулы значения диаметра резьбы, диаметра фрезы, шага резьбы, подачи на зуб, получаем графики зависимость величины огранки  $\Delta$  от различных параметров (рис. 3-6).

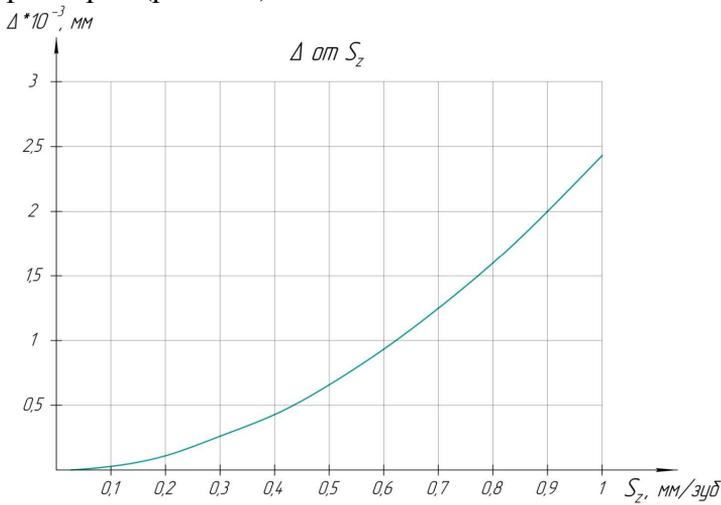


Рис. 3. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от подачи на зуб  $S_z$

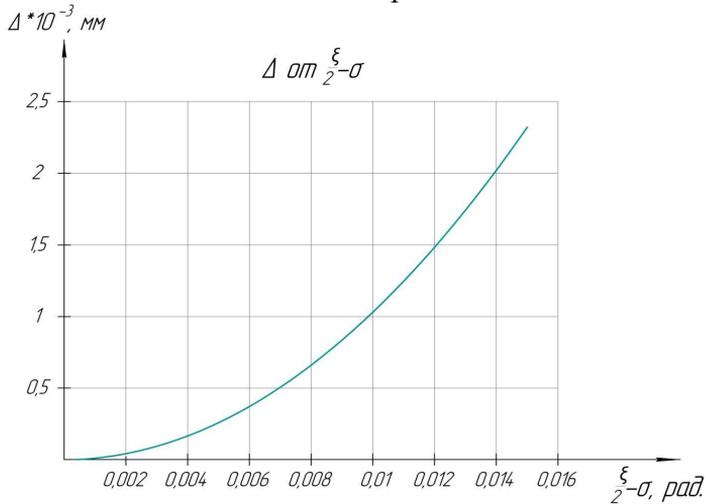
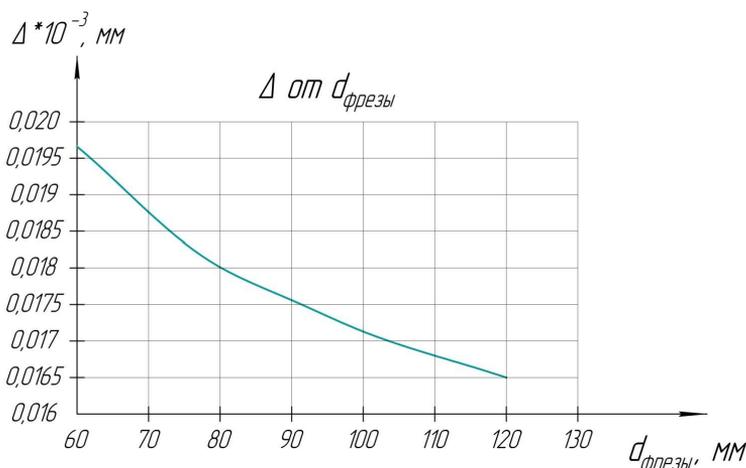


Рис. 4. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от разности между углами поворота детали

Рис. 5. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от диаметра фрезыРис. 6. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от числа зубьев фрезы  $z$ 

### Анализ графиков

1. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от подачи на зуб  $S_z$  (рис. 3). Величина огранки  $\Delta$  растет при увеличении  $S_z$ .

2. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от разности между углами поворота детали (рис. 4). С увеличением разности угла поворота детали между началом 2-х последующих резов и угла поворота детали за время поворота инструмента на угол  $\mu$ , огранка возрастает.

3. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от диаметра фрезы  $d_{\text{фрезы}}$  (рис. 5). При увеличении диаметра фрезы  $d_{\text{фрезы}} \rightarrow$  огранка  $\Delta$  снижается. Причем при увеличении радиуса фрезы на каждые 10 мм, т.е. 30-40 мм; 40-50 мм; 50-60мм  $\rightarrow$  огранка будет уменьшаться на 7,5%; 5,5%; 3,5% соответственно.

4. Зависимость величины огранки  $\Delta$  от числа зубьев фрезы  $z$  (рис. 6). Как видно из графика, величина огранки  $\Delta$  уменьшается с прямой зависимостью. Но величина незначительная, даже при увеличении числа зубьев примерно в 3 раза величина огранки уменьшилась всего приблизительно на  $3,1 \cdot 10^{-7}$  мм.

### Список литературы

1. Левицкий М.Я. Основы резьбофрезерования. – Москва-Киев: Машгиз, 1953. – 155 с.
2. Этин А.О. Кинематический анализ методов обработки металлов резанием / под ред. А.П. Владзиевского. – М.: Машиностроение, 1964. – 325 с.
3. Якухин В.Г., Ставров В.А. Изготовление резьбы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 192 с.

### References

1. Levickij M.Ya. Fundamentals of thread milling. – Moscow-Kiev: Mashgiz, 1953. – 155 p.
2. Etin A.O. Kinematic analysis of metal cutting methods / ed. by A.P. Vladzievskiy. – M.: Mechanical engineering, 1964. – 325 p.
3. Yakuhin V.G., Stavrov V.A. Thread making: Book of reference. – M.: Mechanical engineering, 1989. – 192 p.

<b>Виноградов Владислав Игоревич</b> – студент, vladislav_vinogradov_1997@mail.ru	<b>Vinogradov Vladislav Igorevich</b> – student, vladislav_vinogradov_1997@mail.ru
<b>Зенкин Николай Васильевич</b> – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроительные технологии», zenkin-nv@bmstu.ru	<b>Zenkin Nikolay Vasilievich</b> – candidate of technical sciences, associate professor of Department of Mechanical Engineering Technologies, zenkin-nv@bmstu.ru
Калужский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, Россия, Калуга	Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Russia, Kaluga

*Received 01.04.2021*