

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **031383**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2018.12.28**

(21) Номер заявки  
**201650075**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.10.25**

(51) Int. Cl. **B23B 5/44** (2006.01)  
**B23B 27/12** (2006.01)  
**B23C 5/14** (2006.01)  
**B23C 5/16** (2006.01)  
**B23D 5/00** (2006.01)

---



---

(54) **СПОСОБ ОБРАБОТКИ НЕКРУГЛЫХ ДЕТАЛЕЙ С ТРЕУГОЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ РАВНОЙ ШИРИНЫ**

---

(43) **2018.04.30**

(96) **2016/ЕА/0084 (ВУ) 2016.10.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(ВУ)**

(56) RU-C1-2463129  
SU-A1-738771  
RU-C1-2438831  
US-A-2909010

(72) Изобретатель:  
**Данилов Александр Алексеевич,  
Данилов Виктор Алексеевич (ВУ)**

(57) Изобретение относится к области обработки материалов резанием и найдет применение при изготовлении многогранных деталей с треугольным профилем равной ширины, имеющим равномерно расположенные по окружности выступы, например деталей бесшпоночных моментопередающих соединений. Задачей изобретения является упрощение реализации способа обработки некруглых деталей с треугольным профилем равной ширины за счет применения более простого по конструкции режущего инструмента и соответствующей схемы профилирования некруглой поверхности. Указанная задача решается за счет того, что заготовке и режущему инструменту сообщают одинаково направленные вращательные движения с равными угловыми скоростями вокруг параллельных осей и относительное возвратно-поступательное движение вдоль оси вращения заготовки со скоростью резания, при этом применяют режущий инструмент с тремя круговыми режущими кромками, а их центры равномерно располагают по окружности, радиус  $R$  которой определяют по формуле

$$R = b/\sqrt{3},$$

где  $b$  - ширина формируемого треугольного профиля детали. Предлагаемый способ обработки некруглых деталей отличается от известного тем, что применяют режущий инструмент с тремя круговыми режущими кромками, центры которых располагают равномерно по окружности, радиус которой задают в зависимости от ширины треугольного профиля детали по приведенной формуле, а вращательные движения режущего инструмента и заготовки осуществляют в одном направлении.

**031383**  
**B1**

**031383**  
**B1**

Изобретение относится к области обработки материалов резанием и найдет применение при изготовлении деталей с профилем равной ширины в виде треугольника Рело.

Известен способ обработки некруглых деталей фасонной фрезой [1], по которому фрезе сообщают вращение со скоростью резания и перемещение вдоль неподвижной заготовки со скоростью подачи. После обработки одной грани заготовку поворачивают на угол между соседними гранями и обрабатывают следующую грань и т.д. до окончания обработки всех граней.

Недостатком этого способа является невозможность обработки деталей с уступом в конце некруглой поверхности, что ограничивает область применения данного способа обработки. Кроме того, применение специальной фасонной фрезы и необходимость поворота заготовки после обработки каждой грани усложняют реализацию способа обработки.

Известен также способ обработки некруглых деталей с профилем равной ширины [2] в виде треугольника Рело, по которому грани обрабатывают последовательно, для чего после обработки одной грани заготовку поворачивают вокруг ее геометрической оси на угол, равный углу между соседними гранями детали, при обработке каждой грани заготовки сообщают вращение вокруг оси, проходящей через вершину профиля детали, расположенную напротив обрабатываемой грани, а резцу - относительное движение подачи вдоль заготовки, при этом расстояние между вершиной резца и осью вращения заготовки задают равной ширине профиля детали.

Недостатком этого способа является низкая производительность по следующим причинам:

резец контактирует с заготовкой за время ее одного оборота вокруг оси вращения на небольшом угле, что обуславливает значительную прерывистость процесса резания и многократное превышение времени холостого перемещения заготовки по окружности по сравнению с временем резания;

из-за необходимости переустановки заготовки после обработки каждой грани увеличивается продолжительность операции;

эксцентричная установка заготовки относительно оси вращения ограничивает частоту ее вращения и, соответственно, скорость резания и производительность обработки.

Наиболее близким к предлагаемому является способ обработки некруглых поверхностей с профилем равной ширины долблением, по которому заготовке и режущему инструменту в виде специального долбяка с криволинейной режущей кромкой сообщают противоположно направленные вращательные движения вокруг параллельных осей с равными угловыми скоростями и относительное возвратно-поступательное движение вдоль оси вращения заготовки со скоростью резания [3].

Недостатком известного способа обработки является сложность его реализации, обусловленная применением нетехнологичного в изготовлении и переточке специального долбяка с криволинейной режущей кромкой.

Задачей настоящего предложения является упрощение реализации способа обработки некруглых деталей с треугольным профилем равной ширины за счет применения более простого по конструкции режущего инструмента и соответствующей схемы профилирования некруглой поверхности.

Указанная задача решается за счет того, что для обработки деталей с треугольным профилем равной ширины по предлагаемому способу заготовке и режущему инструменту сообщают одинаково направленные вращательные движения с равными угловыми скоростями вокруг параллельных осей и относительное возвратно-поступательное движение вдоль оси вращения заготовки со скоростью резания, при этом применяют режущий инструмент с тремя круговыми режущими кромками, а их центры равномерно располагают по окружности, радиус  $R$  которой определяют по формуле

$$R = b/\sqrt{3},$$

где  $b$  - ширина формируемого треугольного профиля детали.

Предлагаемый способ обработки некруглых деталей отличается от известного тем, что профилирование некруглой поверхности с треугольным профилем равной ширины осуществляют режущим инструментом с тремя круговыми режущими кромками, центры которых располагают равномерно по окружности, радиус которой задают в зависимости от ширины треугольного профиля детали по приведенной формуле, а вращательные движения режущего инструмента и заготовки осуществляют в одном направлении.

Благодаря тому, что заготовке и режущему инструменту сообщают одинаково направленные вращательные движения, обеспечивается возможность профилировать грани поверхности по окружности круговыми режущими кромками, а размещение их центров по окружности, радиус которой определяют по приведенной формуле, позволяет формировать профиль некруглой поверхности в виде треугольника равной ширины (треугольника Рело) без переустановки заготовки после обработки каждой грани, что упрощает реализацию способа обработки. Благодаря круговой форме режущих кромок инструмент может быть оснащен стандартными сменными круглыми режущими пластинками, что существенно упрощает его конструкцию и соответственно реализацию предлагаемого способа обработки некруглых деталей с треугольным профилем равной ширины по сравнению со способом прототипом.

На фиг. 1 изображена кинематическая схема обработки некруглой детали с треугольным профилем равной ширины в виде треугольника Рело;

на фиг. 2 - схема образования такого профиля инструментом с тремя круговыми режущими кромками;

на фиг. 3 - схема образования погрешности профилирования обработанной поверхности в виде гребней.

Для формирования треугольного профиля равной ширины в процессе обработки заготовке 1 (фиг. 1) и режущему инструменту 2 сообщают вокруг осей соответственно 3 и 4 одинаково направленные вращательные движения  $V_1$  и  $V_2$  с равными угловыми скоростями. Для обработки детали по длине режущему инструменту 2 сообщают также относительно заготовки возвратно-поступательное движение  $P_3$  со скоростью резания, частоту двойных ходов которого задают по режимам резания.

Обработку производят режущим инструментом с тремя режущими лезвиями 5, например, в виде круглых сменных пластин, центры 6 круговых режущих кромок которых равномерно располагают по окружности радиусом  $R$ , значение которого определяют в зависимости от ширины  $b$  формируемого треугольного профиля некруглой детали по формуле

$$R = b/\sqrt{3}, \quad (1)$$

где  $b$  - ширина формируемого профиля некруглой детали (треугольника Рело ЛВС).

Формула (1) получена следующим образом.

При сообщении заготовке 1 и режущему инструменту 2 одинаково направленных вращательных движений, соответственно  $V_1$  и  $V_2$ , вокруг осей 3 и 4, с равными угловыми скоростями точка центр 6 круговой режущей кромки перемещается по окружности 7, радиус  $\rho_1$  которой составляет

$$\rho_1 = r + r_1 + R,$$

где  $r$  - радиус окружности, вписанной в треугольный профиль ABC равной ширины;

$r_1$  - радиус круговой режущей кромки;

$R$  - радиус окружности, на которой расположены центры 6 круговых режущих кромок.

Центр формируемой окружности 7 смещен влево от оси 3 вращения заготовки 1 на расстояние, равное  $R$ , т.е. находится в вершине А треугольника Рело ABC. Огибающая окружности радиусом  $r_1$ , ограничивающей круговую режущую кромку, в ее движении относительно заготовки 1 образует окружность 8, радиус которой составляет  $\rho = \rho_1 - r_1$ , а центр расположен в той же точке А, что и центр окружности радиусом  $\rho_1$ .

Треугольный профиль равной ширины (треугольник Рело ABC) образуется, если центр окружности, ограничивающей сторону треугольника Рело, расположен в его вершине (в данном случае в точке А). Следовательно, расстояние АО от вершины А до центра О треугольника Рело равно величине  $R$ . Так как в треугольнике Рело ABC угол ВАО равен  $30^\circ$ , то  $AO = b/\sqrt{3}$ . Следовательно  $R = b/\sqrt{3}$ .

В соответствии с фиг. 2  $b = R + r$ , поэтому радиус  $r$  вписанной в треугольник Рело окружности определяется по формуле

$$r = b \left( 1 - 1/\sqrt{3} \right). \quad (2)$$

Окружность 8 формирует на заготовке 1 профиль ВС одной из граней трехгранной поверхности детали. Так как угловые скорости заготовки 1 и режущего инструмента 2 равны, то две его другие круговые режущие кромки формируют остальные стороны ВА и АС треугольника Рело ABC.

Круговые режущие кромки инструмента 2 контактируют с окружностью 8, ограничивающей профиль некруглой поверхности, периодически, поэтому на обработанной поверхности образуются погрешности в виде гребней, высота  $\Delta$  которых (фиг. 3) определяется по известной формуле

$$\Delta = \frac{l^2}{8} \left( \frac{1}{\rho} + \frac{1}{r_1} \right),$$

где  $l$  - расстояние между соседними точками контакта круговой режущей кромки с окружностью 8.

Так как радиус  $\rho$  окружности 8 равен ширине  $b$  формируемого треугольника Рело, то

$$\Delta = \frac{l^2}{8} \left( \frac{1}{b} + \frac{1}{r_1} \right). \quad (3)$$

Для того чтобы высота гребней  $\Delta$  не превышала допустимое значение  $[\Delta]$ , указанное расстояние  $l$  в соответствии с формулой (3) должно удовлетворять условию

$$l \leq 2 \sqrt{2[\Delta] / \left( \frac{1}{b} + \frac{1}{r_1} \right)}. \quad (4)$$

При рассчитанном по зависимости (4) значении  $l$  число  $N$  двойных ходов режущего инструмента 2, необходимое для обработки одной грани ВС детали, составляет

$$N = l_{BC} / l, \quad (5)$$

где  $l_{BC}$  - длина дуги ВС окружности 8, ограничивающей одну грань обрабатываемой детали, опре-

деляется по формуле

$$l_{BC} = \pi b/3,$$

а расстояние  $l$  рассчитывается по формуле (4).

Тогда машинное время  $t$  обработки одной грани

$$t = N/n, \quad (6)$$

где  $n$  - частота двойных ходов в минуту режущего инструмента.

Частота  $n$  двойных ходов инструмента при долблении определяется в зависимости от скорости резания  $v$  (м/мин) по известной формуле

$$n = 500v/H \text{ (мин}^{-1}\text{)}, \quad (7)$$

где  $H$  - длина хода режущего инструмента 2 вдоль оси заготовки 1, которая принимается в зависимости от высоты детали.

Машинное время обработки всех трех граней детали составляет  $T=3t$ , следовательно, частота вращения заготовки

$$n_3 = 1/T = n/3N \text{ (мин}^{-1}\text{)}. \quad (8)$$

Настраиваемыми параметрами способа обработки являются расстояние  $L$  между осями 3 и 4 вращательных движений, соответственно заготовки 1 и режущего инструмента 2, частота  $n$  двойных ходов в минуту инструмента и частота вращения заготовки  $n_3$  мин<sup>-1</sup>.

Расстояние  $L$  между осями 3 и 4 заготовки 1 и режущего инструмента 2 при окончательной обработке поверхности с треугольным профилем равной ширины настраивают по зависимости

$$L = r + r_1 + R, \quad (9)$$

где  $r$  - радиус окружности, вписанной в треугольный профиль равной ширины, рассчитывается по формуле (2);

$r_1$  - радиус круговой режущей кромки;

$R$  - радиус окружности, на которой расположены центры 6 круговых режущих кромок.

Таким образом, обработка некруглой детали с треугольным профилем равной ширины осуществляется предлагаемым способом на зубодолбежном станке простым по конструкции инструментом с тремя режущими элементами, имеющими круговые режущие кромки, что упрощает реализацию предлагаемого способа по сравнению со способом-прототипом, основанном на применении для обработки таких же деталей специального долбяка с криволинейной режущей кромкой переменной кривизны.

Пример реализации предлагаемого способа.

Обработанная деталь имеет треугольный профиль равной ширины, величина которой  $b=75$  мм. Радиус  $r$  вписанной в него окружности в соответствии с формулой (2) составляет  $r=75 \cdot (1-\sqrt{3})/3=31,7$  мм. Допускаемое значение высоты неровностей на обработанной поверхности  $[\Delta]=0,01$  мм. Высота детали - 45 мм.

Длина хода режущего инструмента вдоль оси заготовки принимается  $H=50$  мм. Скорость резания  $v=20$  м/мин. Станок зубодолбежный модели 5122.

Режущий инструмент имеет три режущие пластинки с круговыми режущими кромками, радиус которых  $r_1=10$  мм. Центры круговых режущих кромок расположены равномерно через 120° по окружности, радиус  $R$  которой в соответствии с формулой (1) составляет

$$R = b/\sqrt{3} = 75/\sqrt{3} = 43,3 \text{ мм.}$$

Расчетное значение частоты двойных ходов режущего инструмента в соответствии с формулой (7):  $n=500 \cdot 20/50=200$  дв. ход./мин.

Частота вращения заготовки, рассчитанная по формуле (8) с учетом зависимостей (4)-(6), составляет  $n_3=1/3$  мин<sup>-1</sup>.

Расстояние  $L$  между осями вращательных движений заготовки 1 и режущего инструмента 2 настраивают в соответствии с формулой (9)

$$L=31,7+10+43,3=85 \text{ мм.}$$

Для обработки детали с профилем в виде треугольника Рело заготовке 1 и режущему инструменту 2 сообщают одинаково направленные вращательные движения  $V_1$  и  $V_2$  вокруг параллельных осей 3 и 4 с одинаковыми частотами, равными 1/3 мин<sup>-1</sup>, а режущему инструменту 2 - возвратно-поступательное движение  $P_3$  с частотой 200 дв. ходов/мин. вдоль оси 3 вращения заготовки 1.

Обработанная деталь имеет некруглый профиль в виде треугольника Рело шириной  $b=75$  мм.

Таким образом, по сравнению со способом прототипом обработка некруглых деталей с треугольным профилем равной ширины по предлагаемому способу осуществляется простым по конструкции режущим инструментом, оснащенными круглыми режущими пластинками, благодаря чему упрощается реализация способа обработки.

## Источники информации

1. Шитиков А.Н. Проектирование сборных фасонных фрез для обработки наружного РК-профиля: автореферат дис. канд. техн. наук, 05.03.01. - Тула, 2007, с. 6, рис. 3.
2. Патент № 2463129 РФ, МПК<sup>7</sup> В23В 5/44. Способ обработки профильного вала со сторонами равной ширины / Барботько А.И., Понкратов П.А., Разумов М.С. - Оpubл. 10.10.2012, Бюл. № 28.
3. Понкратов П.А. Разработка эффективного долбежного инструмента для обработки сложных криволинейных поверхностей по методу обкатывания: автореферат дис. канд. техн. наук, 05.02.07. Курск, 2013, с. 9, рис. 2.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

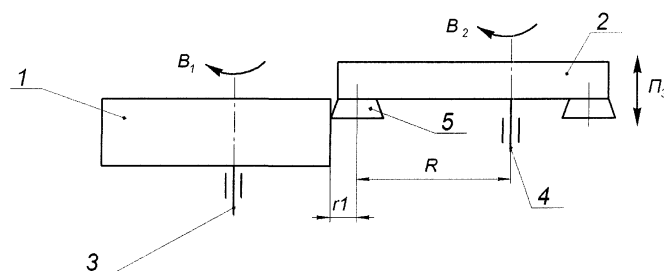
Способ обработки некруглых деталей с треугольным профилем равной ширины, по которому заготовка и режущему инструменту сообщают согласованные вращательные движения с равными угловыми скоростями вокруг параллельных осей и относительное возвратно-поступательное движение вдоль оси вращения заготовки со скоростью резания, отличающийся тем, что вращательные движения режущего инструмента и заготовки осуществляют в одном направлении и применяют режущий инструмент с тремя круговыми режущими лезвиями, а их центры равномерно располагают по окружности, радиус  $R$  которой определяют по формуле

$$R = b/\sqrt{3},$$

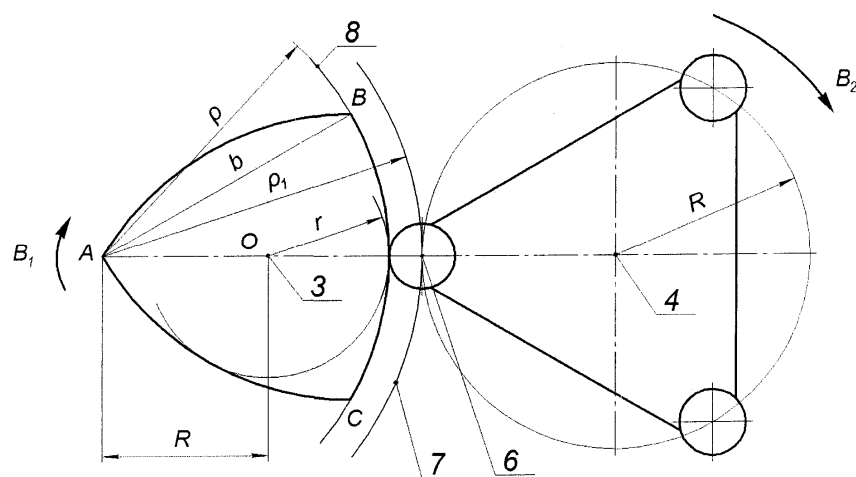
где  $b$  - ширина формируемого треугольного профиля детали;  
при этом расстояние  $L$  между осями заготовки и режущего инструмента определяют по формуле

$$L = r+r_1+R,$$

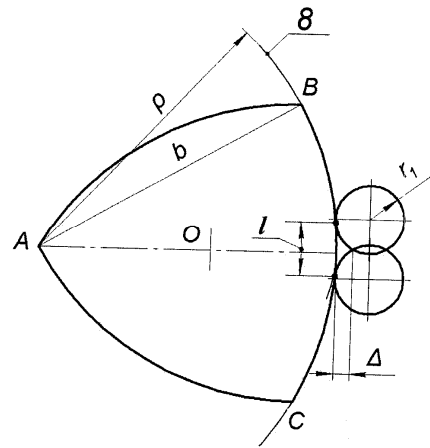
где  $r$  - радиус окружности, вписанный в треугольный профиль равной ширины,  
 $r_1$  - радиус кругового режущего лезвия,  
 $R$  - радиус окружности, на которой расположены центры круговых режущих лезвий.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

