



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 208 502** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) МПК<sup>7</sup> **B 23 C 3/16**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2001119808/02, 16.07.2001

(24) Дата начала действия патента: 16.07.2001

(46) Дата публикации: 20.07.2003

(56) Ссылки: RU 2167746 C2, 27.05.2001. SU 908551, 28.02.1982. SU 1061785 A, 23.12.1983. DE 1267943, 09.05.1968. РАДЗЕВИЧ С.П. Формообразование сложных поверхностей на станках с ЧПУ. - Киев: Вища школа, 1991, с.157-160.

(98) Адрес для переписки:  
398600, г.Липецк, ул. Московская, 30, ЛГТУ,  
НИС

(71) Заявитель:  
Липецкий государственный технический университет

(72) Изобретатель: Амбросимов С.К.,  
Стежкин М.Г.

(73) Патентообладатель:  
Липецкий государственный технический университет

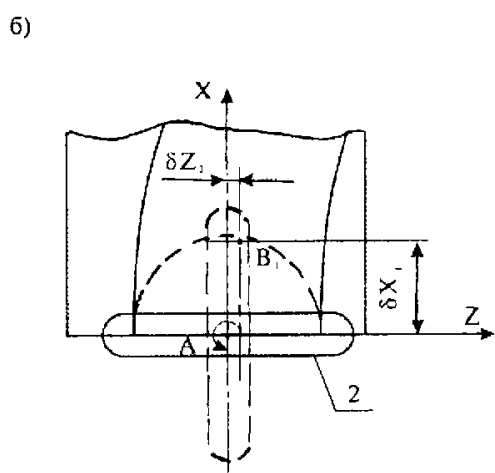
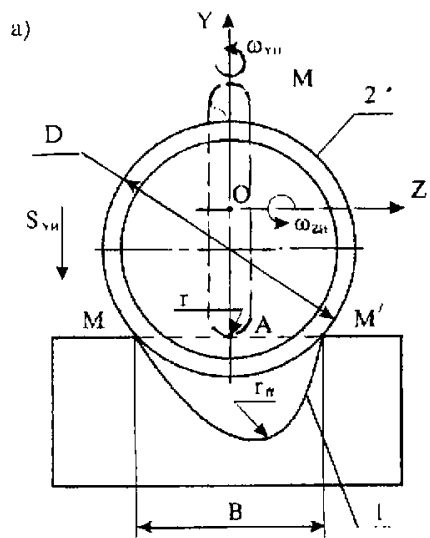
(54) СПОСОБ ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ ВОГНУТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПРОФИЛЕМ

(57) Изобретение относится к области машиностроения, изготовлению штампов и пресс-форм. Способ осуществляют инструментом в виде тела вращения с торовой производящей поверхностью, которому сообщают два одновременных поступательных нелинейно согласованных движения формообразования и вращательное движение подачи. Для расширения технологических возможностей и повышения качества обработанной поверхности вращательное движение подачи осуществляют в плоскости, перпендикулярной плоскости поступательных движений, которые

осуществляют нормально и параллельно к базисной плоскости и нелинейно согласуют с вращательным движением подачи для периодического касания инструментом обрабатываемой поверхности одновременно в двух точках на противоположных сторонах профиля, причем в моменты касания противоположных сторон профиля вращательное движение подачи реверсируют, при этом торовую производящую поверхность выполняют с радиусом кривизны, меньшим минимального радиуса кривизны, а диаметр инструмента - большим ширины обрабатываемого профиля. 6 ил.

RU 2 208 502 C2

RU 2 208 502 C2



Фиг. 1

RU 2208502 C2

RU 2208502 C2



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 208 502** <sup>(13)</sup> **C2**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> **B 23 C 3/16**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2001119808/02, 16.07.2001

(24) Effective date for property rights: 16.07.2001

(46) Date of publication: 20.07.2003

(98) Mail address:  
398600, g.Lipetsk, ul. Moskovskaja, 30, LGTU, NIS

(71) Applicant:  
Lipetskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet

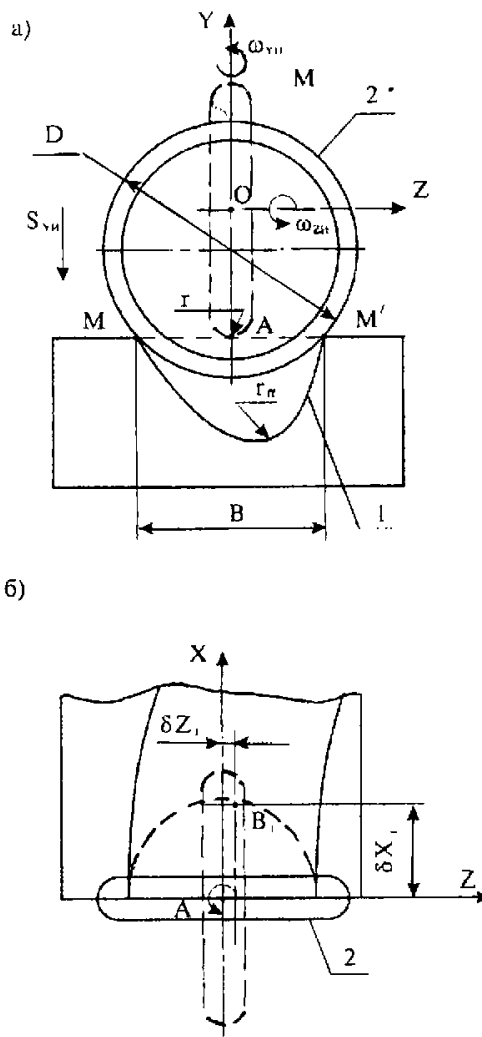
(72) Inventor: Ambrosimov S.K.,  
Stezhkin M.G.

(73) Proprietor:  
Lipetskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet

(54) **METHOD FOR WORKING SHAPED CONCAVE SURFACES WITH VARIABLE PROFILE**

(57) Abstract:

FIELD: machine engineering, manufacture of die sets and press-molds. SUBSTANCE: method comprises steps of using tool in the form of body of revolution with tore-like working surface; simultaneously imparting to tool two translatory non-linearly matched motions for shaping and rotating feed motion; performing rotation feed motion in plane normal relative to plane of said translatory motions realized normally and in parallel relative to basic plane and non-linearly matching them with rotation feed motion for periodically touching worked surface with tool simultaneously in two points on mutually opposite sides of profile; reversing rotation feed motion at time moment of touching worked surface and tool; making tore-like working surface with curvature radius less than minimum curvature radius and using tool with diameter exceeding width of worked profile. EFFECT: enlarged manufacturing possibilities, enhanced quality of worked surface. 7 dwg



Фиг. 1

RU 2 208 502 C2

RU 2 208 502 C2

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано для обработки сложнопрофильных деталей вогнутой формы с изменяющимся в сечении профилем, например рабочих поверхностей штампов и пресс-форм.

Известен способ программной обработки многокоординатным формообразованием скульптурных поверхностей деталей [1] с.153...157. Однако этот способ может быть использован только для обработки открытых сложнопрофильных деталей, не имеющих пересекающихся участков поверхностей с небольшими радиусами сопряжений. Кроме того, возникают проблемы точности формы профиля (главной режущей кромки) при изготовлении таких инструментов с изменяющейся кривизной по профилю производящей поверхности.

Наиболее близким аналогом является способ обработки сложных криволинейных поверхностей инструментом, телом вращения, с криволинейной производящей поверхностью и с четырьмя нелинейно согласованными формообразующими движениями [2], одно из которых вращательное и располагается в плоскости образующей инструмента. Обработку производят инструментом с двумя коническими и торовой радиусной поверхностью. Обработку каждой выпуклой или прямолинейной стороны профиля производят одноименной стороной профиля инструмента, а вогнутого сопрягаемого участка профиля детали - радиусным торовым, обработку осуществляют с тремя одновременными нелинейно согласованными формообразующими движениями, лежащими в одной плоскости профилирования, причем одно из них, вращательное, осуществляется таким образом, чтобы прямолинейная образующая инструмента была последовательно касательна к каждой точке обрабатываемого выпуклого участка профиля, а два других определяли условия обката.

Однако этот способ не позволяет качественно обрабатывать поверхности, криволинейный профиль которых образован вогнутыми участками.

Способ обработки фасонных вогнутых поверхностей с изменяющимся профилем сечения инструментом, телом вращения, с торовой производящей поверхностью, которому сообщают два, одновременных нелинейно согласованных движения формообразования и вращательное движение подачи, отличающийся тем, что вращательное движение подачи осуществляют в плоскости, перпендикулярной плоскости поступательных движений, а поступательные движения, нормальные к базисной плоскости и параллельные ей, нелинейно согласуют с вращательным движением таким образом, что инструмент периодически и одновременно касается обрабатываемой поверхности в двух точках, расположенных с противоположных сторон профиля, причем в моменты касания противоположных сторон профиля вращательное движение подачи инструмента реверсируют, при этом радиус кривизны торовой производящей поверхности выполняют меньшим минимального радиуса кривизны, а диаметр инструмента большим

ширины обрабатываемого профиля.

Предлагаемый способ позволяет расширить технологические возможности обработки элементов сложнопрофильных деталей типа канавок, ручьев штампов и пресс-форм универсальным инструментом с торовой производящей поверхностью на станках с ЧПУ, а также повысить качество обрабатываемой поверхности за счет уменьшения действительных передних и задних углов при косоугольном резании.

На фиг.1, 2, 3 показаны последовательные схемы обработки поверхности, на фиг. 4 - вид в плане на участок окончательно обработанной поверхности, на фиг. 5 - алгебрологическое представление инструмента, на фиг.6 - сечение Б-Б на фиг.2 к расчету траектории движения инструмента.

Обработку поверхности 1 (фиг.1) осуществляют инструментом 2 телом вращения с торовой производящей поверхностью, радиус кривизны которой  $r$  выполняют меньшим минимального радиуса  $r_n$ , а диаметр инструмента  $D$  большим максимальной ширины  $B$  поперечного сечения сложнопрофильной канавки (ручья).

Обработку производят на 4-координатных станках с ЧПУ, фрезерных или шлифовальных, с непрерывно осуществляемым вращательным движением стола, например ИР500ПМФ4.

Инструменту сообщают главное движение  $\omega_{zi}$ , подводят до касания с заготовкой в т. А, равноудаленную от противоположных сторон профиля (т. М и М'). После того инструменту задают два одновременных движения подачи: поступательное вдоль оси поворота стола  $OY$   $S_{yi}$  и вращательное движение вокруг оси  $OY$   $\omega_{yi}$ . Ширину срезаемого слоя при этом определяет движение  $\omega_{yi}$ , толщину -  $S_{yi}$ . В результате вырабатывается припуск линзообразной формы до касания инструмента противоположных сторон профиля в точках М и М' (фиг.1 а, б).

Далее инструменту сообщают дополнительное движение по оси  $OZ$   $S_{zi}$ , причем его согласуют с движениями  $\omega_{zi}$  и  $S_{yi}$  таким образом, чтобы инструмент периодически касался одновременно двух противоположных сторон профиля, а в моменты касания вращательное движение подачи реверсируют (фиг.2). Таким образом, инструмент, совершая возвратно-качательное движение подачи вокруг оси  $OY$  от одной до другой стороны профиля и постоянно опускаясь к дну канавки, по оси  $OY$  переместится на величину  $\delta Y$ , а по оси  $OZ$  на величину  $\delta Z$ . Винтовые возвратно-вращательные движения совершают до тех пор, пока инструмент не опустится до дна канавки (фиг.3). Геометрическое место точек касания инструментом обрабатываемой поверхности за один проход до дна канавки в плане представляет собой фигуру в виде восьмерки (фиг.4).

Для осуществления построчной подачи в конце прохода инструменту сообщают два движения вдоль осей  $OZ$  и  $OY$  -  $\delta Z_1$  и  $\delta X_1$  соответственно (фиг.1 б). В результате начало системы координат

инструмента перемещается в точку  $B_1$  начала следующего прохода.

Такой способ обработки с винтовым возвратно-поступательным движением подачи позволяет при резании максимально использовать периферийный участок торовой поверхности инструмента с максимальными значениями углов. Боковые участки торовой производящей поверхности с малыми задними углами работают незначительную часть времени обработки. Обработка боковыми участками производящей поверхности осуществляется у самого дна канавки. Кроме того, при доминирующей вращательной подаче уменьшаются действительные передние и задние углы за счет косоугольного резания. Все вышеуказанное повышает качество обработки и стойкость инструмента и расширяет технологические возможности использования универсального инструмента с торовой производящей поверхностью для обработки вогнутых сложнопровольных деталей.

Расчет траектории инструмента осуществляется следующим образом:

1. Составляется алгебрологическая формула обрабатываемой поверхности  $f_d$  с использованием функций Рвачева [3].

2. Составляется алгебрологическая формула производящей поверхности инструмента. Для инструмента с торовой производящей поверхностью она имеет вид (фиг.5):

$$f_{II} = f_I \wedge f_{\Pi 1} \wedge f_{\Pi 2},$$

где

$$f_I = x_{II}^2 + y_{II}^2 - \left( \sqrt{(r - z_{II} - z_{II}^2) + R} \right)^2$$

уравнение торовой производящей поверхности, где  $r$  - радиус кривизны торовой производящей поверхности,  $R$  - радиус прямолинейных участков профиля инструмента,

$f_{\Pi 1} = z - z_1$ ,  $f_{\Pi 2} = z - z_2$  - уравнения прямолинейных участков профиля инструмента;

операция  $f_1 \vee f_2$  определяется по формуле R-дизъюнкции:

$$f_1 \vee f_2 = f_1 + f_2 + |f_1 - f_2|;$$

операция  $f_1 \wedge f_2$  определяется по формуле R-конъюнкции:

$$f_1 \wedge f_2 = f_1 + f_2 - |f_1 - f_2|.$$

3. Определяются координаты всех точек инструментальной поверхности в области оперативного пространства, которое определяется областью, ограниченной шестью взаимно перпендикулярными плоскостями, параллельными осям  $OX$  и  $OY$  и  $OZ_{II}$ .

4. Определяются новые координаты точек инструмента  $(x_{II}', y_{II}', z_{II}')$ , после поворота на угол  $\delta\varphi$  и перемещения по оси  $OY$  на

величину  $\delta Y$  с использованием аффинных преобразований до выполнения условия касания одной какой-либо стороны профиля (фиг.6):

$$f_d \wedge \langle x_{II}', y_{II}', z_{II}' \rangle = 0.$$

5. Определяются координаты точек инструмента  $(x_{II}'', y_{II}'', z_{II}'')$  после перемещения его по оси  $OZ_{II}$  на величину  $\delta Z$  и поворота на угол  $\delta\varphi'$  в направлении, противоположном предыдущему повороту, с использованием аффинных преобразований до выполнения условия касания его с обрабатываемой поверхностью в двух точках, лежащих на противоположных сторонах  $M_1$  и  $M_1'$  (фиг.2), то есть до выполнения условий:

$$f_d \wedge \langle x_{II}'', y_{II}'', z_{II}'' \rangle = 0',$$

$$f_d \wedge \langle x_{II}''', y_{II}''', z_{II}''' \rangle = 0.$$

Точки касания двух сторон профиля определяются методом фильтрации, то есть определения их принадлежности разным множествам по их относительному расположению в системе координат детали.

Точки касания  $M_1$  и  $M_1'$  определяют граничные точки, в которых осуществляется реверс инструмента.

Источники информации

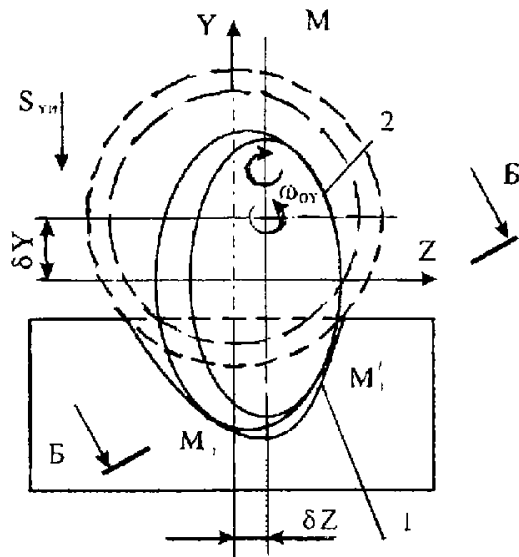
1. Формообразование сложных поверхностей на станках с ЧПУ./ Радзевич С. П. - К.: Выща школа, 1991. - 192 с.

2. Патент 2167746. Способ обработки криволинейных поверхностей./ Амбросимов С. К., Петрухин А.А.; Липецк. техн. ун. т. Оубл. 27.05.2001. Бюл. 15.

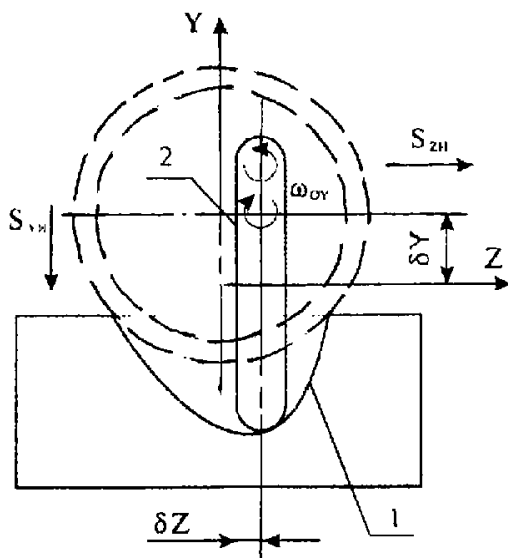
3. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. - Киев: Наук. думка. 1982. - 551 с.

### Формула изобретения:

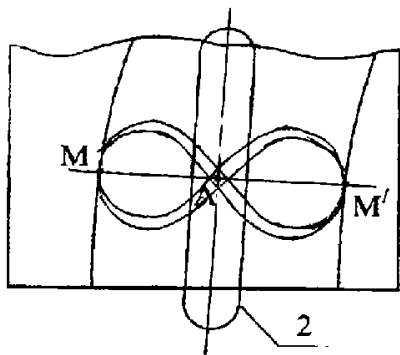
Способ обработки вогнутых поверхностей с изменяющимся профилем сечения инструментом в виде тела вращения с торовой производящей поверхностью, которому сообщают два одновременных поступательных нелинейно согласованных движения формообразования и вращательное движение подачи, отличающийся тем, что вращательное движение подачи осуществляют в плоскости, перпендикулярной плоскости поступательных движений, которые осуществляют нормально и параллельно к базисной плоскости и нелинейно согласуют с вращательным движением подачи для периодического касания инструментом обрабатываемой поверхности одновременно в двух точках на противоположных сторонах профиля, причем в моменты касания противоположных сторон профиля вращательное движение подачи реверсируют, при этом торовую производящую поверхность выполняют с радиусом кривизны, меньшим минимального радиуса кривизны, а диаметр инструмента - большим ширины обрабатываемого профиля.



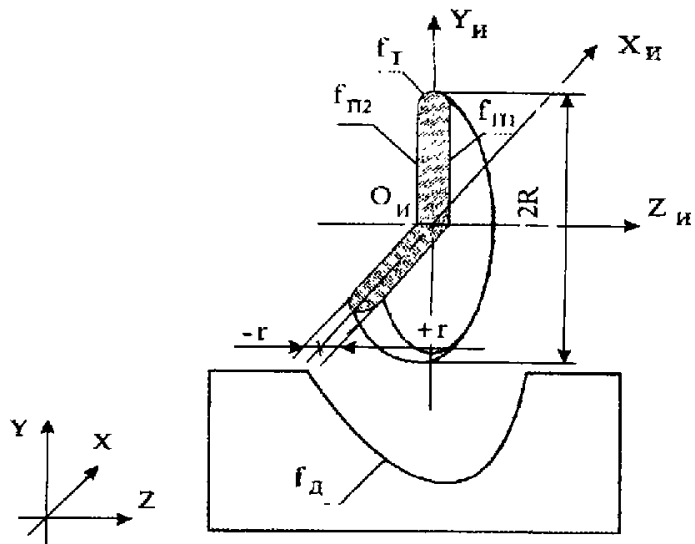
Фиг. 2



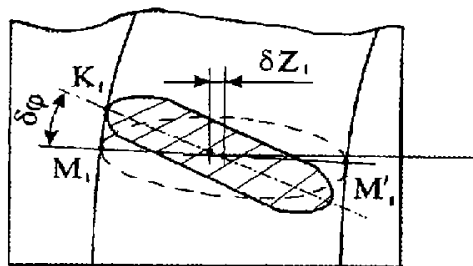
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5  
Б-Б



Фиг. 6