

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11338

(13) С1

(46) 2008.12.30

(51) МПК (2006)

В 23С 5/00

В 23С 9/00

В 23В 29/00

(54)

СПОСОБ ОБРАБОТКИ ВНУТРЕННЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

(21) Номер заявки: а 20060397

(22) 2006.04.27

(43) 2007.12.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Филонов Игорь Павлович; Курч Леонид Витальевич; Чепик Павел Петрович; Варварина Ирина Александровна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) DE 3842683 A1, 1990.

RU 2224623 C2, 2004.

RU 2002595 C1, 1993.

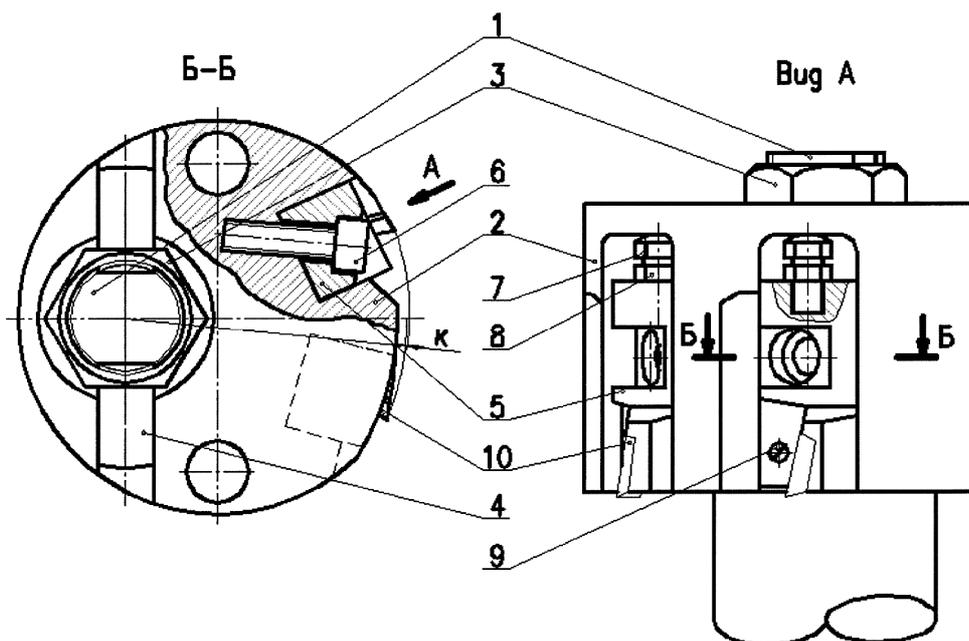
WO 97/34722 A1.

US 5217330 A, 1993.

SU 105457, 1957.

(57)

Способ обработки внутренней цилиндрической поверхности, заключающийся в том, что вводят режущий инструмент в исходное отверстие на величину, равную глубине обработки, приводят инструмент во вращение и производят круговую обработку, отличающийся тем, что используют режущий инструмент, состоящий из основного и вспомогательного инструментов, при этом режущие элементы основного инструмента расположены равномерно по окружности вокруг центра вращения, а у вспомогательного инструмента режущие элементы занимают круговой сектор, имеющей диаметр, больше чем у основного, причем в пределах габаритных размеров кругового сектора вспомогательного инструмента



Фиг. 3

Фиг. 4

размещают максимально возможное количество режущих элементов с возможностью их регулирования в радиальном и торцевом направлениях, а для обеспечения одинаковой подачи на зуб каждый режущий элемент выставляют в радиальном направлении на заранее рассчитанную величину, после чего основной режущий инструмент вводят в исходное отверстие и осуществляют предварительную обработку на $3/4$ глубины обработки, по окончании которой основной инструмент выводят из отверстия и вводят дополнительный инструмент с эксцентриситетом относительно оси исходного отверстия, сообщают дополнительному инструменту вращение относительно его оси, осуществляют радиальное врезание его на глубину обработки, затем совершают перемещение дополнительного инструмента по круговой интерполяционной траектории вокруг оси исходного отверстия на угол 360° .

Изобретение относится к области машино- и приборостроения и предназначено для использования в технологических процессах обработки внутренних цилиндрических поверхностей.

Известен способ обработки деталей, при котором фрезеруют концевой фрезой цилиндрическую поверхность [1]. Инструмент вводят на заданную глубину паза в отверстие, включают шпиндель и смещают фрезу на заданный диаметр обработки. Производят обработку по контуру паза, и затем инструмент уводят из отверстия.

Недостатком данного способа обработки является использование одного инструмента, что значительно снижает технологические возможности, не позволяя обрабатывать внутренние цилиндрические поверхности, диаметр которых значительно превышает диаметр выходящего наружу отверстия, соосного с ними.

Известен способ обработки внутренних цилиндрических поверхностей [2] - прототип, заключающийся в введении резцедержателя с режущим инструментом в исходное отверстие на величину, равную глубине обработки, при этом резцедержатель поворачивается относительно поворотного пальца на некоторый угол по отношению к оси шпинделя, затем включают шпиндель.

Недостатком данного способа обработки является низкая производительность вследствие участия в процессе одного режущего лезвия.

Поэтому требуется расширение технологических возможностей и повышение производительности получения внутренних цилиндрических поверхностей корпусных деталей, доступных для обработки через выходящее наружу отверстие, соосное с ними.

Задача, решаемая изобретением, - повышение производительности за счет участия в процессе резания трех и более режущих лезвий, расширение технологических возможностей.

Поставленная задача достигается тем, что в способе обработки внутренних цилиндрических поверхностей вводят режущий инструмент в исходное отверстие на величину, равную глубине обработки, приводят инструмент во вращение и производят круговую обработку, для этого используют режущий инструмент, состоящий из основного и вспомогательного инструментов, при этом режущие элементы основного инструмента расположены равномерно по окружности вокруг центра вращения, а у вспомогательного инструмента режущие элементы занимают круговой сектор, имеющей диаметр больше, чем у основного, причем в пределах габаритных размеров кругового сектора вспомогательного инструмента размещают максимально возможное количество режущих элементов с возможностью их регулирования в радиальном и торцевом направлениях, а для обеспечения одинаковой подачи на зуб каждый режущий элемент выставляют в радиальном направлении на заранее рассчитанную величину, после чего основной режущий инструмент вводят в исходное отверстие и осуществляют предварительную обработку на $3/4$ глубины обработки, по окончании которой основной инструмент выводят из отверстия и вводят дополнительный инструмент с эксцентриситетом относительно оси исходного отверстия, сообщают дополнительному инструменту вращение относительно его оси, осуществляют радиальное вре-

BY 11338 C1 2008.12.30

зание его на глубину обработки, затем совершают перемещение дополнительного инструмента по круговой интерполяционной траектории вокруг оси исходного отверстия на угол 360° .

Сущность предлагаемого способа обработки внутренних цилиндрических поверхностей поясняется чертежами, где на фиг. 1, 2 изображены несколько вариантов рассматриваемых поверхностей, принадлежащих корпусным деталям; на фиг. 3 - поперечное сечение дополнительного инструмента по Б-Б, на фиг. 4 - устройство дополнительного инструмента для обработки внутренних цилиндрических поверхностей, на фиг. 5 - взаимное расположение геометрических параметров исходного отверстия и дополнительного инструмента, на фиг. 6 - схема расположения режущих элементов на корпусе фрезерной головки.

Основной инструмент представляет собой торцовую фрезу, выполненную по стандартам ИСО. Устройство дополнительного инструмента для осуществления предложенного способа состоит из оправки 1, на которой закреплен корпус фрезерной головки 2 при помощи гайки 3 и торцово-радиальной шпонки 4, фрезерной кассеты 5, закрепленной в корпусе фрезерной головки 2 при помощи зажимного винта 6 и имеющей возможность перемещения вдоль оси вращения дополнительного инструмента при помощи винта торцевой регулировки 7, на котором крепится контргайка 8, и возможность радиального перемещения при помощи винта радиальной регулировки 9. На фрезерной кассете закреплены твердосплавные сменные режущие пластины 10.

Способ обработки заключается в следующем: через отверстие $\varnothing d$ в исходное отверстие заготовки с вращением или без него вводят основной инструмент, которым осуществляют предварительную обработку, по ее окончании основной инструмент выводят из отверстия и вводят без вращения дополнительный инструмент (фиг. 3, 4), ось вращения которого совпадает с осью Z, а режущие элементы 10 направлены к шпинделю станка; при вращении инструмента производится круговая обработка рассматриваемых поверхностей за счет согласованного перемещения по осям X и Y. Инструмент имеет главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$.

Из приведенных ниже соотношений определяют соотношение параметров инструмента и получаемого отверстия. Исходные данные: d - диаметр отверстия, мм; D - диаметр обработки, мм; L - длина отверстия, мм (фиг. 5).

Диаметр инструмента определяют по зависимости:

$$d_{\text{инстр. max}} = d - 1 \text{ мм} \quad (1)$$

Ширину обработки находят по следующей формуле:

$$a_e = 0,5(D - d) \quad (2)$$

Ширина обработки накладывает ограничения на диаметр оправки $d_{\text{опр}}$:

$$0,5(d_{\text{инстр}} - d_{\text{опр}}) = a_e + \Delta, \quad (3)$$

где Δ - необходимый зазор между оправкой и отверстием, $\Delta_{\text{min}} = 0,2$ мм; выражая диаметр оправки, получают:

$$d_{\text{опр}} = d_{\text{инстр}} - 2(a_e + \Delta) = d_{\text{инстр}} - (D - d + 2\Delta). \quad (4)$$

Диаметр оправки должен удовлетворять на прочность при изгибе с вылетом инструмента $L + 10$ и при скручивании от усилий резания. При недостаточном диаметре оправки разбивают ширину обработки на две части - a_{e1} и a_{e2} - и вводят дополнительный инструмент.

Необходимо также, чтобы выполнялось условие:

$$d_{\text{инстр}} < d$$

ВУ 11338 С1 2008.12.30

Для основного инструмента получают диаметр обработки D_1 :

$$D_1 = d_{\text{инстр}} - (d_{\text{опр.1}} - d + 2\Delta), \quad (5)$$

где $d_{\text{опр.1}}$ - диаметр оправки, удовлетворяющий прочности, мм;

$$a_{e1 \text{ max}} = 0,5(d_{\text{инстр}} - d_{\text{опр}}) - \Delta_{\text{min}}. \quad (6)$$

Дополнительный инструмент представляет собой круговой сектор инструмента, по конструкции и схеме резания эквивалентного первому. Введение его в отверстие диаметра d осуществляется без вращения, а ось оправки параллельна оси Z . Габаритные размеры оправки и кругового сектора должны обеспечить беспрепятственный ввод инструмента в отверстие с эксцентриситетом относительно его оси. В пределах габаритных размеров кругового сектора размещаем максимально возможное количество режущих элементов, причем конструкция должна предусматривать их регулирование в радиальном и торцевом направлениях. Для обеспечения одинаковой подачи на зуб каждый режущий элемент, начиная со второго, выставляют в радиальном направлении дальше, чем предыдущий, на величину $K_{n, n-1}$:

$$K_{n, n-1} = S_o(1/z - \alpha/360), \quad (7)$$

где S_o - подача на оборот, мм/об: $S_o = S_z \cdot z$; S_z - подача на зуб, мм/зуб; z - число зубьев; α - угол, °, между соседними зубьями (шаг зубьев).

После введения без вращения ось оправки совмещают с осью Z отверстия и включают обороты шпинделя. При этом радиус расположения режущих элементов должен удовлетворять условию

$$R_{p.э. \text{ max}} = D_1/2 - 0,5 \text{ мм}. \quad (8)$$

Далее аналогично движениям основного инструмента осуществляем круговую обработку путем согласованного перемещения по осям X и Y .

Траекторией оси инструмента является окружность следующего диаметра:

1) основного:

$$D_{T1} = D_1 - d_{\text{инстр}} = d + 2a_{e1} - d_{\text{инстр}}; \quad (9)$$

2) дополнительного:

$$D_{T2} = D - 2R_{p.э.}. \quad (10)$$

Выведение инструментов из отверстия после обработки осуществляется аналогично введению.

Пример.

Исходные данные: диаметр отверстия $d = 105$ мм, диаметр обработки $D = 190$ мм, длина отверстия $L = 120$ мм.

Диаметр основного инструмента равен:

$$d_{\text{инстр. max}} = d - 1 = 104 \text{ мм}.$$

Из стандартного ряда берут торцовую фрезу $\varnothing 100$ мм, главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$. Рассчитывают ширину обработки:

$$a_e = 0,5(D - d) = 42,5 \text{ мм}.$$

Диаметр оправки получают следующий:

$$d_{\text{опр}} = d_{\text{инстр}} - 2(a_e + \Delta_{\text{min}}) = 14,6 \text{ мм}.$$

При вылете инструмента $L + 10 = 130$ мм очевидно даже без расчета на прочность, что диаметра оправки недостаточно. Следовательно, вводят дополнительный инструмент.

ВУ 11338 С1 2008.12.30

Для определения необходимого диаметра оправки проводят расчет на прочность при кручении. При этом вначале требуется определить мощность и усилия резания.

Исходные данные: $d_{\text{инстр}} = 100$ мм; число зубьев $z = 6$; $f_z = 0,15$ мм/зуб; глубина резания $a_p = 5$ мм; скорость резания $v_c = 100$ м/мин. Для расчета используют методику, представленную в справочной литературе предприятий, производящих металлорежущий инструмент [3].

Мощность привода главного движения определяют по формуле:

$$P = \frac{\alpha_p \cdot \alpha_e \cdot v_f \cdot k_c}{60 \cdot 10^6 \cdot n}, \quad (11)$$

где $\alpha_p = 5$ мм - глубина резания; $\alpha_e = 42,5$ мм - ширина фрезерования; $v_f = f_z \cdot z \cdot n$ - минутная подача;

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d_{\text{инстр}}} = \frac{1000 \cdot 100}{\pi \cdot 100} = 320 \left(\frac{\text{об}}{\text{мин}} \right) - \text{частота вращения};$$

$$v_f = 0,15 \cdot 6 \cdot 320 = 288 \text{ мм/мин};$$

K_C - коэффициент резания:

$$k_c = \frac{1 - 0,015(\gamma_o + \gamma_w)}{(h_m)^{m_c}} \cdot k_{c1.1}, \quad (12)$$

где $(\gamma_o + \gamma_w)$ - общий передний угол режущего элемента, складываемый из переднего угла сменной и угла расположения посадочного гнезда; h_m - среднее сечение среза, мм; m_c - показатель степени удельной силы резания.

$$h_m = \frac{\sin \varphi \cdot 180 \cdot a_e \cdot f_z}{\pi \cdot d \cdot \arcsin\left(\frac{a_e}{d}\right)} = \frac{\sin 90^\circ \cdot 180 \cdot 42,5 \cdot 0,15}{\pi \cdot 100 \cdot \arcsin\left(\frac{42,5}{100}\right)} = 0,14523(\text{мм}) \quad (13)$$

$K_{c1.1}$ - удельная сила резания на 1 мм^2 сечения стружки: $K_{c1.1} = 1775 \text{ Н/мм}^2$; $m_c = 0,24$.

Допуская возможность наиболее тяжело нагруженного варианта, принимают $(\gamma_o + \gamma_w) = 0^\circ$.

$$K_C = 1775 / (0,14523)^{0,24} = 2828,3665 \text{ Н/мм}^2;$$

η - коэффициент полезного действия станка, $\eta = 0,75$.

$$P = 5 \cdot 42,5 \cdot 288 \cdot 2828,3665 / (60 \cdot 10^6 \cdot 0,75) = 3,847 \text{ кВт}.$$

Окружная сила резания: $P_z = P(\text{Вт}) / v_c(\text{м/с}) = 3847 / (100/60) = 2308 \text{ Н}$. Крутящий момент от окружной силы резания равен:

$$T_{\text{кр}} = P_z \cdot d_{\text{инстр}} / 2 = 115\,400 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Касательное напряжение кручения рассчитывают по формуле:

$$\tau = T_{\text{кр}} / W_P \leq [\tau],$$

где $[\tau] = 25 \text{ Мпа}$ - допускаемое касательное напряжение; W_P - полярный момент сопротивления сечения, мм^3 :

$$W_P = \pi \cdot d_{\text{опр.1}}^3 / 16.$$

Выражая диаметр оправки и подставляя значения, получают:

$$d_{\text{опр.1}} \geq \left(\frac{16 \cdot T_{\text{кр}}}{\pi \cdot [\tau]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{16 \cdot 115400}{\pi \cdot 25} \right)^{\frac{1}{3}} = 28,647 \text{ (мм)}$$

ВУ 11338 С1 2008.12.30

С учетом конструктивной необходимости в шпоночных пазах для передачи вращения увеличивают диаметр на 10 %.

$$d_{\text{опр.1}} = 31,512 \text{ мм.}$$

Принимают ближайший больший диаметр 32 мм. При этом допустимая ширина фрезерования для основного инструмента равна:

$$a_{e1} = 0,5(d_{\text{инстр}} - d_{\text{опр.1}}) - \Delta_{\text{min}} = 0,5(100 - 32) - 0,2 = 33,8 \text{ мм.}$$

Поскольку полученный параметр все равно не перекрывает общую ширину фрезерования, то есть возможность увеличить диаметр оправки за счет уменьшения a_{e1} .

Исходя из приведенных выше формул для соотношения a_e / a_{e1} справедливо, что глубина первого прохода дополнительного инструмента равна 3/4 глубины обработки.

Разбивают всю ширину обработки приблизительно пополам. Пусть $a_{e1} = 20,5$ мм. Для основного инструмента получают диаметр обработки:

$$D_1 = d + 2a_{e1} = 146 \text{ мм.}$$

При этом диаметр оправки достигает следующего значения:

$$d_{\text{опр.1}} = d_{\text{инстр}} - (D_1 - d + 2\Delta_{\text{min}}) = 100 - (146 - 105 + 2 \cdot 0,2) = 58,6 \text{ мм.}$$

Принимают $d_{\text{опр.1}} = 58$ мм (тогда $\Delta = 0,5$ мм $>$ Δ_{min}). Учитывая прочностной расчет на кручение, делают вывод, что при такой разнице в расчетном и фактическом диаметрах (32 мм и 58 мм) изгибная прочность будет обеспечиваться.

Диаметр траектории основного инструмента равен: $D_{T1} = D_1 - d_{\text{инстр}} = 46$ мм.

Для дополнительного инструмента получают следующий требуемый радиус расположения режущих элементов:

$$R_{p.э.маx} = D_1/2 - 0,5 = 146/2 - 0,5 = 72,5 \text{ мм.}$$

При вписывании кругового сектора радиуса $R_{p.э.маx}$ в отверстие диаметром d со смещением e (см. фиг. 6) получают возможность конструктивно разместить на дуге $R_{p.э.маx}$ два режущих зуба под углом $\alpha = 40^\circ$ между ними. Второй зуб в радиальном направлении выдвигают на величину K_{21} :

$$K_{21} = S_o(1/2 - 40/360) = 7/18 - S_o.$$

При подаче на зуб $S_z = 0,15$ мм/зуб получают:

$$S_o = 2 \cdot 0,15 = 0,3 \text{ мм/об; } K_{21} = 7/18 \cdot 0,3 = 0,117 \text{ мм.}$$

Конструктивно величину эксцентриситета при введении дополнительного инструмента в отверстие получают равной:

$$e = 23,5 \text{ мм.}$$

Диаметр траектории оси этого инструмента получают следующий:

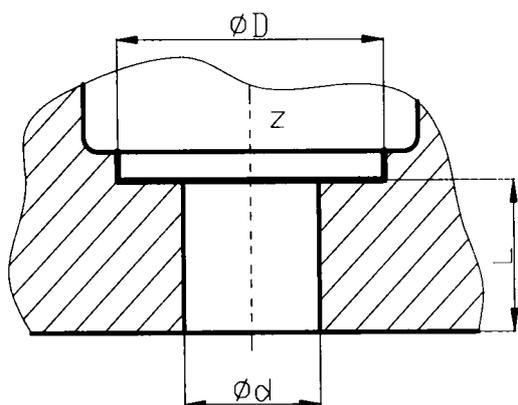
$$D_{T2} = D - 2R_{p.э.} = 190 - 2 \cdot 72,5 = 45 \text{ мм.}$$

Описанный способ обработки внутренней цилиндрической поверхности обеспечивает повышение производительности в количество раз, кратное количеству твердосплавных сменных пластин, участвующих в процессе резания, и расширение технологических возможностей инструмента.

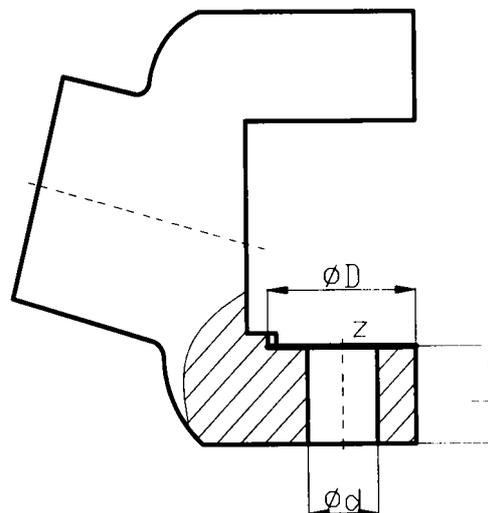
BY 11338 C1 2008.12.30

Источники информации:

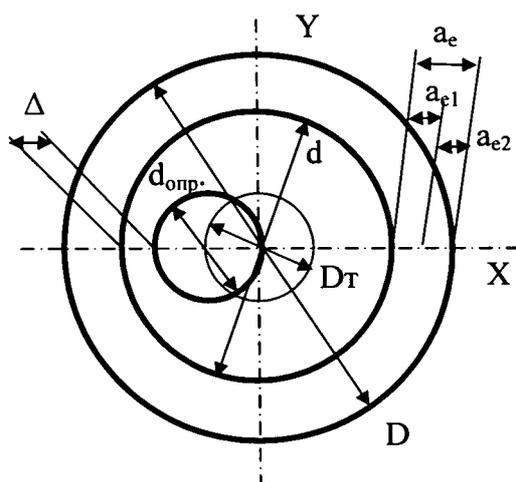
1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - С.556, рис. 23п.
2. Заявка ФРГ 3842683, МПК В 23В 29/054, 1990.
3. Фрезы СКИФ-М: Каталог. - Белгород, 2001. - С. 68-69.



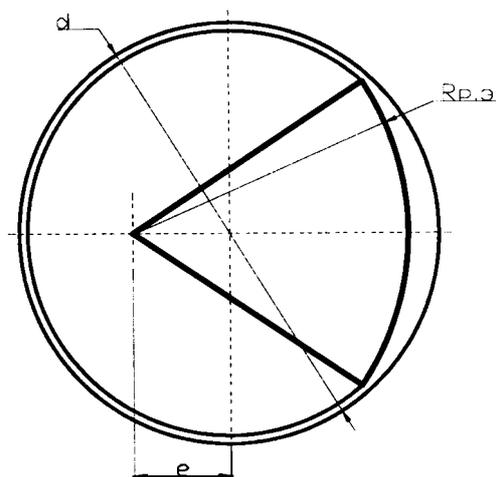
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 5



Фиг. 6