



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1404284 A 1

(5D) 4 В 24 В 11/00 // В 24 В 7/14

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4079038/31-08
(22) 22.05.86
(46) 23.06.88. Бюл. № 23
(71) Белорусский политехнический институт
(72) И. П. Филонов, П. П. Анципорович
и В. М. Жилко
(53) 621.922.079 (088.8)
(56) Михнев Р. А., Штандель С. К. Оборудо-
вание оптических цехов. М.: Машино-
строение, 1981, с. 319.
(54) СПОСОБ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТ-
КИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
(57) Изобретение относится к механической
обработке оптических деталей и позволяет
повысить размерную стойкость инструмента.

На рабочей поверхности инструмента и заго-
товки намечают концентрические окружно-
сти, соответствующие друг другу по шагу
расположения. В зонах, образованных кон-
центрическими окружностями инструмента,
размещают абразив с различной концент-
рацией. Скорость относительного переме-
щения выбирают из условия прямо пропор-
циональной зависимости средней скорости
относительного перемещения каждой из коль-
цевых зон инструмента от концентрации
абразива. Такой выбор концентрации абра-
зива и его размещение позволяет повысить
размерную стойкость инструмента и качест-
во обработки. 4 ил.

(19) SU (11) 1404284 A 1

Изобретение относится к области механической обработки оптических деталей и может найти применение в оптической промышленности, а также при изготовлении инструмента, предназначенного для обработки, например, сферических поверхностей кинематических пар манипуляторов и шаров большого диаметра.

Целью изобретения является повышение качества обработки путем повышения размерной стойкости инструмента.

Предложенный способ обработки сферических поверхностей заключается в сообщении заготовке и инструменту с торцевой сферической рабочей поверхностью относительного перемещения. На рабочей поверхности инструмента выделяют кольцевые зоны и заполняют их абразивом с различной концентрацией, которая пропорциональна времени обработки и средней скорости относительного перемещения заготовки и инструмента. Указанную скорость получают усреднением значений скоростей относительного перемещения, которые определяют в точках пересечения указанных кольцевых зон инструмента и заготовки. Кольцевые зоны на заготовке выбирают из условия касания своими окружностями окружностей кольцевых зон инструмента.

На фиг. 1 изображены обрабатываемая заготовка и инструмент в плоскости, совпадающей с осями их вращения, разрез; на фиг. 2 — то же, вид сверху; на фиг. 3 — вид А на фиг. 1 (вдоль оси инструмента с концентрическими окружностями на его рабочей поверхности и концентрическими окружностями на обрабатываемой поверхности); на фиг. 4 — схема устройства для осуществления предложенного способа.

Предложенный способ заключается в том, что обработку заготовки 1 ведут инструментом с рабочей поверхностью 2, на которой намечают кольцевые зоны в виде концентрических окружностей с равным шагом. На фиг. 2 показаны их радиусы от $r_0=r_{\max}$ до $r_3=r_{\min}$. Центральные углы этих окружностей относительно оси симметрии инструмента обозначены δ_i , где $i=0, 1, 2, \dots$. На обрабатываемой поверхности заготовки 1 выбирают окружности радиуса R_j так, чтобы они имели общую точку касания в плоскости, совпадающей с их осями вращения. С этой целью после выбора значений r_i определяют величину соответствующего центрального угла окружности инструмента по формуле

$$\delta_i = \arcsin \frac{r_i}{R_c}, \quad (1)$$

где R_c — радиус обрабатываемой сферы.

Затем определяют центральный угол Δ_j на обрабатываемой поверхности по формуле

$$\Delta_j = \frac{\Delta}{2} \pm \delta_i, \quad (2)$$

где $\frac{\Delta}{2}$ — угол между осями симметрии (вращения) инструмента и обрабатываемой

заготовки (знак «—» соответствует точкам касания окружностей, расположенных между осями заготовки и инструмента; «+» соответствует значению $\Delta_j > \Delta/2$).

После этого определяют значения радиусов окружностей R_j на обрабатываемой поверхности, которые касаются окружностей радиуса r_i на рабочей поверхности инструмента в плоскости, совпадающей с осями их вращения по формуле

$$R_j = R_c \sin \Delta_j. \quad (3)$$

Как видно из фиг. 1 и 2, n окружностям на инструменте соответствует $m=2n$ окружностей на обрабатываемой поверхности. Количество точек касания равно количеству окружностей m радиуса R_j . В каждой точке пересечения окружностей определяют косинус угла α_r между радиусом r_i и проекцией радиуса-вектора R_j на плоскость соответствующей окружности r_i по формуле

$$\cos \alpha_r = \frac{(R_j \cos \frac{\Delta}{2})^2 + r_i^2 - (r_{\max} - h_{ij} \sin \frac{\Delta}{2})^2}{2R_j \cdot r_i \cos \frac{\Delta}{2}}, \quad (4)$$

где $h_{ij} = R_i(1 - \cos \Delta_j)$ — высота сегмента, образованного плоскостью окружности радиуса R_j .

На фиг. 2 показан угол между векторами \vec{r}_{03} и \vec{R}_{33} в точке пересечения нулевой окружности инструмента радиуса $r_0=r_{03}$ и третьей окружности обрабатываемой поверхности радиуса $R_3=R_{33}$. Во второй точке пересечения этих окружностей угол $\alpha_v = 360^\circ - \alpha_r$.

Формула (4) получена из треугольника, например, O_3, O_3, C (фиг. 3). Треугольник, образованный сторонами $r_i, R_j \cos \Delta/2$ и $r_{\max} \cdot h_{ij} \sin \Delta/2$ (на фиг. 3 — сторонами $r_{03},$

$R_{33} \cos \frac{\Delta}{2}$ и $r_0 - h_{33} \sin \frac{\Delta}{2}$) располагается в плоскости соответствующей окружности r_i (на фиг. 3 — в плоскости окружности $r_0 = r_{\max}$).

Как видно из фиг. 2 и 3, угол α_v между векторами \vec{V}_{03}^u и \vec{V}_{33}^a скоростей точек 3, 0, принадлежащих обрабатываемой поверхности и инструменту, совпадающих с точками пересечения выбранных окружностей, связан с углом α_r соотношением

$$\alpha_v = 180^\circ - \alpha_r. \quad (5)$$

В одних точках касания при вращении инструмента со скоростью ω_u и заготовки со скоростью ω_d в направлениях, указанных на фиг. 2, угол $\alpha_v = 0$, а в других $\alpha_v = 180^\circ$. Распределение скоростей в этих точках, приведенное на фиг. 2, показывает, что в некоторой точке поверхности заготовки на дуге ac имеется точка, отстоящая от оси вращения детали на расстоянии R_x , в которой $\vec{V}_x^a = \vec{V}_x^u$, т. е. $V_{cx} = V_x^u - V_x^a = 0$. Это означает, что в этой точке отсутствует скорость относительного перемещения (скорость резания), т. е. схема припуска теоретически нет при наличии дав-

ления. Такое сочетание приводит к образованию микротрещин на обрабатываемой поверхности. Записывая условие равенства скоростей точки касания окружностей радиусов r_x и R_x в виде $\omega_u r_x = \omega_n R_x$ или с учетом

формул (1)–(3) в виде $\omega_u \sin(\Delta_x - \frac{\Delta}{2}) = \omega_n \sin \Delta_x$, после преобразований величина угла Δ_x , соответствующего зоне возможного трещинообразования, определится из выражения

$$\operatorname{tg} \Delta_x = \frac{\sin \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2} \pm \frac{\omega_n}{\omega_u}} \quad (6)$$

В уравнении (6) знак «+» соответствует одинаковому направлению вращения заготовки и инструмента, «-» — противоположному, как указано на фиг. 2. Величина радиуса окружности инструмента, на которой имеется точка, где скорость резания (проскальзывания) равна нулю, определяется из выражения

$$r_x = R_c \sin(\Delta_x + \frac{\Delta}{2}). \quad (7)$$

Если $\Delta_x < \frac{\Delta}{2}$, то точка, в которой проскальзывание отсутствует, располагается на дуге ac обрабатываемой поверхности (фиг. 1, 2). Это будет в случае противоположного направления угловых скоростей заготовки и инструмента. Если же $\Delta_x > \frac{\Delta}{2}$, то такая точка

располагается на дуге ace (фиг. 1, 2) ближе к периферии обрабатываемой поверхности. Этот случай соответствует одинаковому направлению ω_n и ω_u . Как видно из уравнения (6), при $\omega_n = 0$ такая точка, расположенная на оси вращения инструмента, находится в точке C (фиг. 3). Уравнения (6) и (7) позволяют выбрать минимальное значение внутреннего диаметра инструмента, при котором отсутствуют неблагоприятные условия сбега припуска. Как видно, значение его определяется не только геометрией, но и кинематикой. Таким образом, после определения $r_{\text{вн}} \geq r_x = r_{\text{мин}}$ определяют скорости относительного перемещения (износа) в каждой точке ij пересечения окружностей инструмента на его рабочей поверхности и обрабатываемой заготовке по формуле

$$V_{\text{ск}}^{\text{т}} = V_{ij}^{\text{н}} - V_{ij}^{\text{з}} \cdot \cos \alpha_v. \quad (8)$$

Выражение (8) позволяет определить величину износа $U_{ij}^{\text{н}}$ в каждой точке пересечения и касания $U_{ij}^{\text{з}}$ окружностей в зависимости от времени $t^{\text{н}}$ вращения инструмента, как $U_{ij} = V_{\text{ск}}^{\text{т}} \cdot t^{\text{н}}$. Учитывая, что $V_{ij}^{\text{н}} = \omega_u \cdot r_{ij}$, $V_{ij}^{\text{з}} = \omega_n R_{ij}$, то $t^{\text{н}} = 2\pi N / \omega_u$, где N — количество оборотов инструмента. Из выражения (8) с учетом ранее полученных соотношений имеем

$$\frac{U_{ij}^{\text{н}}}{R_c} = \frac{r_i}{R_c} - \frac{\omega_n}{\omega_u} \sin \Delta_{ij} \cos \alpha_v) 2\pi N \quad (9)$$

Уравнение (9) позволяет определить относительную величину износа $U_{ij}^{\text{н}}$ в каждой точке пересечения окружностей за любое время работы инструмента, определяемую его количеством оборотов.

Абсолютную величину износа можно определить, используя уравнения (9) с учетом интенсивности износа, определяемой давлением. После определения относительной величины износа инструмента в каждой точке пересечения определяют суммарный относительный износ вдоль каждой окружности, как сумму износов в точках пересечения и касания каждой окружности инструмента со всеми окружностями радиуса на обрабатываемой поверхности по формуле

$$U_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{\sum_{ij=1}^n U_{ij}^{\text{н}}}{n} + \frac{U_{\text{з}}^{\text{н}}}{2}, \quad (10)$$

где $U_{ij}^{\text{н}}$ — относительный износ в двух точках касания каждой окружности, определяемый с учетом того, что в них $\alpha_v = 0$ или $\alpha_v = 180^\circ$.

Указанная методика расчета геометрии и износа рабочей поверхности инструмента сравнительно проста, позволяет использовать ЭВМ для анализа протекания износа как поверхности инструмента, так и обрабатываемой поверхности и определить скорость относительного перемещения вдоль окружности инструмента (вдоль касательной к ней). Формулы (4), (5) позволяют определить угол между этими векторами, используя только геометрические параметры и предлагаемый способ разбивки сопряженных сферических поверхностей.

Указанная методика учитывает проекцию суммарной скорости относительного перемещения на касательную к траектории точки инструмента, расположенной на окружности радиуса r_i . В общем случае

$$V_{\text{ск}}^2 = (V_{\text{ск}}^{\text{т}})^2 + (V_{\text{ск}}^{\text{н}})^2 - 2V_{\text{ск}}^{\text{т}} V_{\text{ск}}^{\text{н}} \cos \alpha_v,$$

где $V_{\text{ск}}^{\text{н}} = V_{ij}^{\text{н}} \sin \alpha_v$.

Однако с учетом того, что $\omega_u \gg \omega_n$, т. е. $V_u \gg V_n$ (например, при $n_n = 150$ об/мин принимают $n_u = 3000$ об/мин или $h_n = 6000$ об/мин), можно с небольшой погрешностью считать $V_{\text{ск}} \approx V_{\text{ск}}^{\text{т}}$.

Указанная методика расчета инструмента позволяет также решить вопрос о выборе рационального соотношения внутреннего диаметра инструмента и повысить качество обработки путем определения закона размещения различной концентрации алмазного порошка по рабочей поверхности инструмента. Именно так можно обеспечить

более равномерный износ рабочей поверхности инструмента, а не толщиной алмазного слоя таблетки, так как от его величины коэффициент износостойкости не изменяется. Он может быть изменен, например, за счет изменения концентрации в нем алмазного порошка. После расчета величины внутреннего диаметра и среднего износа вдоль всех средних окружностей выделенных кольцевых зон рабочей поверхности инструмента вдоль них формируют алмазный слой, а концентрацию в этих зонах алмазного порошка распределяют пропорционально средней скорости относительного перемещения вдоль каждой окружности и времени обработки, измеряемого количеством оборотов инструмента при определенном (заданном) соотношении угловых скоростей заготовки и инструмента.

Для достижения большей степени точности ориентации алмазоносного слоя и прочности его сцепления с корпусом инструмента шихту с соответствующей концентрацией алмазного порошка размещают в цилиндрических оболочках диаметром, соответствующим выделенным кольцевым зонам, при этом внутренние и наружные стенки цилиндрических оболочек выполнены из легкоплавкого металла, способного соединяться с металлом связи в размягченном состоянии.

Устройство для осуществления способа (фиг. 4) содержит поддон 3, служащий для установки его в печь при спекании, цилиндрические оболочки 4 из легкоплавкого материала с размещенной внутри них шихтой, корпуса инструмента 5, пуансона 6, болта 7 с гайками 8 и 9 для крепления центрирующей детали 10 и прижатия сферических поверхностей дополнительного 11 и основного 12 вкладышей.

Устройство для осуществления способа работает следующим образом.

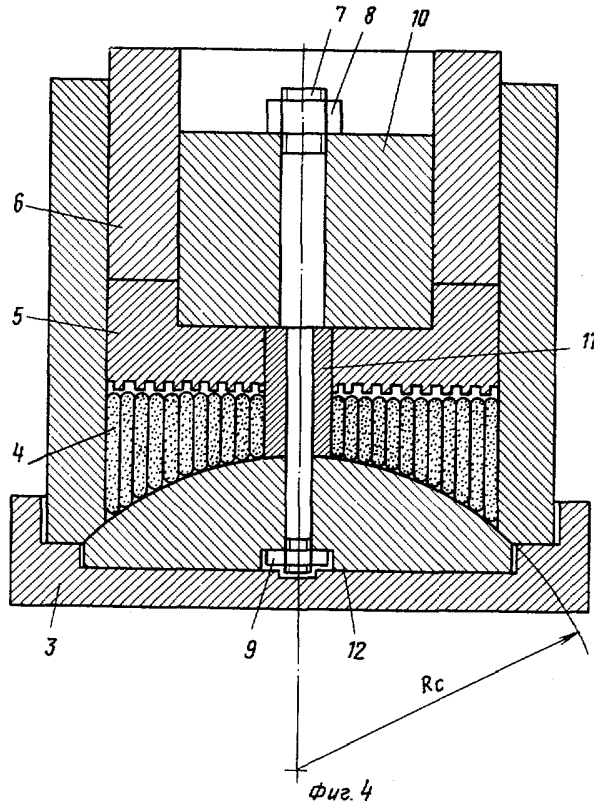
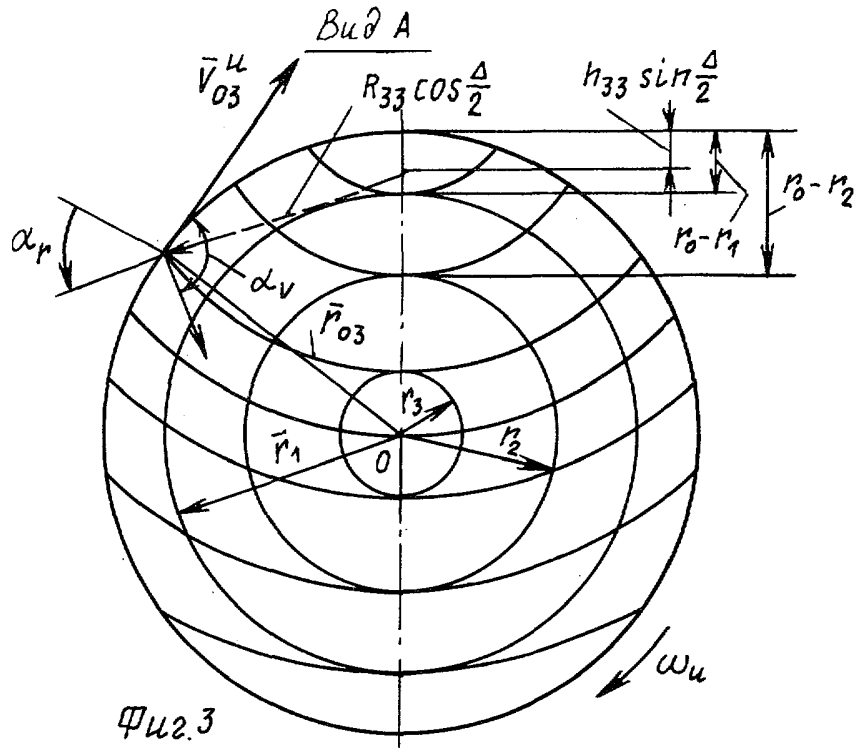
На поддон 3 устанавливается основной вкладыш 12, собранный с болтом 7 и нижней гайкой 9. На болт 7 сверху устанавливается дополнительный вкладыш 11, затем собранные (вставленные друг в друга) цилиндрические оболочки 4 с шихтой. После этого на дополнительный вкладыш 11 надевается корпус 5 инструмента, на болт 7 — центрирующая деталь 10, она стягивается верхней

гайкой 8 и сверху собранных деталей надевается обойма. После этого готовая прессформа размещается в рабочей зоне нагревательного устройства, вводится между обоймой и центрирующей деталью 10 пуансон 6 и производится соединение корпуса 5 с цилиндрическими оболочками 4, которые оплавляются, внедряясь в спиральные канавки, выполненные на торце корпуса инструмента. Под воздействием давления и температуры происходит окончательное формирование алмазоносного слоя.

Указанная методика разбивки рабочей зоны учитывает геометрию соприкасающихся поверхностей, а методика расчета позволяет при этом учесть характер (закономерность) износа рабочей поверхности инструмента как вдоль выделенных кольцевых поверхностей, так и между ними и реализовать качественное крепление и точное расположение алмазоносного слоя по рабочей поверхности инструмента. При этом, изменяя концентрацию алмазного порошка в соответствии с выявленным характером износа, предложенный способ позволяет управлять коэффициентом износостойкости отдельных кольцевых зон инструмента. Это позволяет решить некоторые проблемы повышения размерной стойкости инструмента и повысить качество обработанной поверхности.

Формула изобретения

Способ абразивной обработки сферических поверхностей, при котором заготовке и инструменту с торцовой рабочей поверхностью сообщают относительное перемещение, отличающийся тем, что, с целью повышения качества обработки путем повышения размерной стойкости инструмента, на рабочей поверхности инструмента и заготовки намечают соответствующие друг другу по шагу расположения концентрические окружности и в зонах, образованных концентрическими окружностями инструмента размещают абразив с различной концентрацией, а скорость относительного перемещения выбирают из условия прямо пропорциональной зависимости средней скорости относительного перемещения каждой из кольцевых зон инструмента к их концентрации абразива.



Редактор В. Данко
 Заказ 3035/15
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4

Составитель Т. Никонорова
 Техред И. Верес
 Тираж 678

Корректор В. Гирняк
 Подписное