



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ СССР ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ  
(ГОСКОМИЗОБРЕТЕНИЙ)

## АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1542782

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Госкомизобретений выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:  
"Способ шлифования цилиндрической детали"

Автор (авторы): Новиков Федор Васильевич

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОЕКТНЫЙ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
Заявитель: ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Заявка № 4276762

Приоритет изобретения 6 июля 1987г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

15 октября 1989г.

Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

*Ю. В. Селин*  
*Зинин*



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГИИТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4276762/25-08

(22) 06.07.87

(46) 15.02.90. Бюл. № 6

(71) Специализированный проектный конструкторско-технологический институт по разработке и внедрению автоматизированных систем для оборудования с программным управлением

(72) Ф.В.Новиков

(53) 621.923.04(088.8)

(56) Лурье Г.Б. Прогрессивные методы круглого наружного шлифования. Л.: Машиностроение, 1984, с. 4-7, рис.1а.

(54) СПОСОБ ШЛИФОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ

(57) Изобретение относится к машино-

2

строению и может быть использовано при шлифовании разнообразных цилиндрических деталей. Целью изобретения является повышение эффективности шлифования путем снижения интенсивности износа круга. Кругу 2 сообщают вращательное движение, а детали 1 - вращательное и возвратно-поступательное движение. При этом номинальную глубину шлифования устанавливают меньше предельной толщины среза, а скорость вращения детали - в соответствии с расчетной формулой, в зависимости от радиусов круга и детали, скорости круга и его зернистости, а также номинальной глубины шлифования. 4 ил., 1 табл.

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано при шлифовании разнообразных цилиндрических деталей.

Целью изобретения является повышение эффективности шлифования путем снижения интенсивности износа круга.

На фиг. 1 приведена схема осуществления способа шлифования; на фиг. 2 - расчетная схема процесса шлифования для случая, когда  $t \gg R_{\text{макс}}$ ; на фиг. 3 - расчетная схема для случая, когда  $t \leq R_{\text{макс}}$ ; на фиг. 4 - расположение линии полного съема материала в рабочей поверхности круга для случая  $n = 2$ .

На фиг. 1-4 обозначено: 1 - деталь; 2 - круг; 3 - элементарные цилиндрические оболочки припуска; 4 - линия полного съема материала; 5 - слой шероховатости обработанной по-

верхности; 6 - уровень связки круга; 7 - режущие зерна круга.

В данных расчетных схемах шлифования снимаемый припуск представлен пакетом элементарных цилиндрических оболочек, которые при достижении определенной (в зависимости от угла входа оболочки в рабочую поверхность круга) глубины внедрения в слой зерен срезаются. Граница полного среза элементарных оболочек зернами круга определяет положение поверхности резания при шлифовании, характеризующей распределение съема подводимого в зону резания материала вдоль дуги контакта с деталью. В двухмерной системе координат граница завершения диспергирования режущими зернами обрабатываемого материала определяет положение линии полного съема материала -

одной из основных характеристик процесса шлифования.

Форма линии полного съема материала зависит от соотношения параметров  $t$  и  $R_{\text{макс}}$ . В случае, когда  $t \gg R_{\text{макс}}$  (фиг. 2), полный срез элементарных цилиндрических оболочек происходит в основном в первой половине угла контакта круга с деталью и максимальную глубину внедрения в рабочую поверхность круга имеет периферийная оболочка. Форма линии полного съема материала в этом случае приближается к прямой, расположенной под определенным углом к наружной поверхности круга. Чем больше глубина шлифования, тем меньше угол наклона прямой. Соответственно форма единичного среза принимает запятообразный вид, характеризующийся неблагоприятными условиями стружкообразования вследствие низких значений  $a_z/R$  (где  $a_z$  - текущее

значение толщины среза, м;  $R$  - радиус режущей кромки зерна, м), что приводит к интенсивному упругопластическому деформированию обрабатываемого материала без отделения стружки и преобладающему влиянию при резании процессов трения, ухудшающих качество обрабатываемых поверхностей и повышающих энергоемкость шлифования и износ круга.

В таблице приведены экспериментальные значения энергоемкости шлифования ( $\varepsilon$ ), равной отношению мощности шлифования и производительности обработки, в зависимости от глубины шлифования ( $t$ ) при одинаковой производительности  $Q = 7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3/\text{мин}$ .

Условия проведения экспериментов: круг - 1A1 300x25 AC6 250/200 - MB1 - 100%; обрабатываемый материал - BK8 + сталь;  $V_{\text{кр}} = 35 \text{ м/с}$ ;  $S_g = 0,9$ .

$t \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	0,05	0,075	0,1	0,15	0,3
$V_{\text{дет}}/60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	6	4	3	2	1
$\varepsilon \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$	0,03	0,04	0,06	0,08	0,18

Как следует из приведенной таблицы, с увеличением глубины шлифования  $t$  (при соответствующем уменьшении скорости вращения детали  $V_{\text{дет}}$ ), энергоемкость шлифования резко возрастает, что подтверждает указанные закономерности шлифования.

В случае, когда  $t \approx R_{\text{макс}}$  (фиг. 3), число оболочек, срезаемых в первой и второй половинах угла контакта круга с деталью, приблизительно равны, а максимальную глубину внедрения в рабочую поверхность круга имеет промежуточная элементарная оболочка. Линия полного съема материала в этом случае расположена симметрично относительно плоскости шлифования  $O_1O_2$  и единичный срез приобретает сегментообразную форму. Углы входа режущих зерен в обрабатываемый материал, а следовательно, соотношение  $a_z/R$  при этом значительно возрастают, что приводит к улучшению условий стружкообразования, поскольку снижается доля упругопластического деформирования материала и процессов трения в общих энергетических затратах при резании. Это способ-

ствует уменьшению энергоемкости шлифования, интенсивности тепловыделения в зоне резания и соответственно повышению качества обработки. Таким образом, переход от запятообразной формы среза к преимущественно сегментообразной форме при одном значении максимальной глубины внедрения обрабатываемого материала в рабочую поверхность круга, т.е. фактической глубине шлифования, позволяет улучшить процесс резания, повысить технико-экономические показатели обработки.

Условием перехода преимущественно запятообразной формы среза в сегментообразную является условие  $t \leq R_{\text{макс}}$ , т.е. сегментообразная форма среза будет иметь место при всех значениях минимальной глубины шлифования, изменяющейся в пределах  $0 < t \leq R_{\text{макс}}$ . В предложенном способе шлифования значение  $t$  принимает верхний предел  $t \approx R_{\text{макс}}$ . Это связано с тем, что достижение заданной шероховатости обработанной поверхности  $R_{\text{макс}}$  при значениях  $t < R_{\text{макс}}$  требует снижения производительности шлифования и поэтому в ка-



честве оптимального значения  $t$  принято  $t \approx R_{\text{макс}}$ , при котором производительность обработки в случае образования преимущественно сегментообразной формы среза - максимальна.

Для эффективного ведения процесса шлифования в таких условиях необходимо, чтобы фактическая глубина шлифования изменялась в пределах  $R_{\text{макс}} < t_{\text{ф}} \leq H_{\text{макс}}$ . В противном случае, т.е. при  $t_{\text{ф}} > H_{\text{макс}}$ , круг будет интенсивно изнашиваться вследствие преждевременного разрушения и выпадения зерен из связки, а также интенсивного контакта обрабатываемой стружки со связкой круга.

Учитывая, что между  $t$  и  $t_{\text{ф}}$  существует вполне определенная кинематическая взаимосвязь, установим зависимость, позволяющую по заданному значению  $t$ , равному или соизмеримому с параметром шероховатости  $R_{\text{макс}}$ , определить значение  $t_{\text{ф}}$ .

Для этого воспользуемся известным уравнением, принимая  $t = R_{\text{макс}}$ ,  $t_{\text{ф}} = H_{\text{макс}}$ ,  $n = 2$  и преобразуя уравнение к виду:

$$t^{2,5} - 0,5t_{\text{ф}}^{2,5} - (t_{\text{ф}} - t)^{2,5} = 0, \quad (1)$$

где  $n = \frac{t_{\text{ф}}}{t}$  (округляется с избытком до целого числа и при указанном соотношении параметров  $t_{\text{ф}}$  и  $t$  принимает значение  $n = 2$ ).

Расчет  $t_{\text{ф}}$  по уравнению (1) ведется численным методом, для чего задается значение  $t$ , равное или соизмеримое с параметром шероховатости  $R_{\text{макс}}$  и перебором  $t_{\text{ф}}$  устанавливается искомое значение  $t_{\text{ф}}$ . В случае, если  $t_{\text{ф}}$  не удовлетворяет условию  $R_{\text{макс}} < t_{\text{ф}} \leq H_{\text{макс}}$ , значение  $t$  уменьшается в пределах заданного класса шероховатости и расчет повторяется до тех пор, пока  $t_{\text{ф}}$  не будет удовлетворять указанному условию.

Предельная толщина среза  $H_{\text{макс}}$  при этом устанавливается из зависимости

$$H_{\text{макс}} = H_{\text{макс}0} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{[G]_0}{[G]}, \quad (2)$$

где  $H_{\text{макс}0}$ ,  $P_0$ ,  $[G]_0$  - базовые значения предельной толщины среза, м; прочности режущего зерна, Н; прочности обрабатываемого материала Н/м<sup>2</sup>;  $P$ ,  $[G]$  - текущие значения проч-

ности режущего зерна м; прочности обрабатываемого материала, Н/м<sup>2</sup>.

Номинальную глубину шлифования устанавливают из условия

$$t \leq \frac{H_{\text{макс}}}{1,3}.$$

Принимая в качестве базового обрабатываемого материала твердый сплав ВК8, а в качестве базовой прочности режущего зерна 10 Н, расчетно-экспериментальным путем установлено значение  $H_{\text{макс}0}$ , равное  $12 \cdot 10^{-6}$  м. При этом методе определения параметра  $H_{\text{макс}}$  достаточно знать значения  $P$  и  $[G]$ . Скорость детали  $V_{\text{дет}}$ , соответствующая таким условиям шлифования, устанавливается из известной зависимости и преобразуется с учетом  $n = 2$ ,  $t_{\text{ф}} = b$ ,

$$K = \frac{3(1-\epsilon)}{200 \cdot \bar{X}^2}, \quad b = \bar{X} (1-\epsilon), \quad \rho = \frac{1}{R_{\text{кр}}} + \frac{1}{R_{\text{дет}}}$$

к виду

$$V_{\text{дет}} = \frac{\sqrt{2} \cdot m \cdot V_{\text{кр}}}{300 \cdot \bar{X}^3 \cdot \sqrt{\rho}} \left( \frac{t_{\text{ф}}^{2,5}}{4} + t^{2,5} \right) = \frac{\sqrt{2} \cdot m \cdot V_{\text{кр}} \cdot t^{2,5}}{203 \cdot \bar{X}^3 \cdot (1/R_{\text{дет}} + 1/R_{\text{кр}})^{0,5}}, \quad (3)$$

где  $m$  - объемная концентрация зерен, %;

$\bar{X}$  - зернистость круга, м;

$V_{\text{кр}}$  - скорость круга, м/с;

$R_{\text{кр}}$  и  $R_{\text{дет}}$  - соответственно радиусы круга и детали, м;

$(1-\epsilon)$  - коэффициент, учитывающий высоту выступания зерен над связкой.

В отличие от известной зависимости для определения скорости детали, в предлагаемом способе аналогичная зависимость содержит в явном виде стандартные характеристики круга -  $m$ ,  $\bar{X}$ , а также параметр  $t_{\text{ф}}$ , регламентирующий нагрузку, действующую на зерно круга и соответственно интенсивность их износа в процессе шлифования. Следовательно, изменение скорости детали в соответствии с предложенной зависимостью позволяет, во-первых, снизить износ круга, так как созда-

ются благоприятные условия вмещаемости стружки в межзеренном пространстве круга и исключается преобладающее преждевременное разрушение и выкрашивание из связки режущих зерен, во-вторых, обеспечивается требуемая шероховатость отработанной поверхности, так как номинальная глубина шлифования заведомо принимается равной или соизмеримой с максимальной высотой микронеровностей обработанной поверхности.

Цилиндрической детали (фиг. 1) сообщают возвратно-поступательное перемещение со скоростью  $S_{пр}$  и вращательное движение со скоростью  $V_{дет}$ , определяемой зависимостью (3). Шлифовальный круг 2 установлен периферией параллельно оси цилиндрической детали и вращается со скоростью  $V_{кр}$ . Номинальная глубина шлифования устанавливается равной или соизмеримой с максимальной высотой микронеровностей обработанной поверхности, а фактическая глубина шлифования определяется из уравнения (1) при условии  $R_{макс} < t_{ф} \leq H_{макс}$ .

**П р и м е р.** Производится обработка цилиндрической детали из твердого сплава ВК8 радиусом  $R_{дет} = 0,05$  м кругом 1А1 300х25 АС15 160/125-100%-МВ1. Требуемая шероховатость обработки -  $R_{макс} = (7,5-12,5) \cdot 10^{-6}$  м.

Предельная толщина среза  $H_{макс}$  для данной пары обрабатываемого материала и характеристики круга в соответствии с зависимостью (2) равна  $14 \cdot 10^{-6}$  м. Принимая номинальную глубину шлифования  $t$  равной  $10 \cdot 10^{-6}$  м, из уравнения (1) устанавливается фактическая глубина шлифования  $t_{ф}$ , которая равна  $12,9 \cdot 10^{-6}$  м. Следовательно,  $t_{ф} < H_{макс}$  и нагрузка, действующая на зерна круга, не превышает предельное значение.

Принимая в качестве исходных данных для расчета скорости детали следующие значения параметров:  $m = 100$ ,  $\bar{X} = 140 \cdot 10^{-6}$  м;  $V_{кр} = 30$  м/с;  $R_{кр} = 0,15$  м;  $R_{дет} = 0,05$  м;  $\rho = 26,7$  1/М;  $t_{ф} = 12,8 \cdot 10^{-6}$  м,  $t = 10 \cdot 10^{-6}$  м, по зависимости (3) устанавливается  $V_{дет}$ :

$$V_{дет} = 0,149 \text{ м/с} = 8,92 \text{ м/мин.}$$

Таким образом, применение установленных параметров режима шлифования:  $t = 10 \cdot 10^{-6}$  м и  $V_{дет} = 8,92$  м/мин позволит производить обработку с преобладающей сегментообразной формой срезов.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ шлифования цилиндрической детали, при котором устанавливают номинальную глубину шлифования, а детали сообщают вращательное и возвратно-поступательное движение относительно вращающегося шлифовального круга, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности шлифования путем снижения интенсивности износа круга, номинальную глубину шлифования выбирают из условия  $t \leq \frac{H_{макс}}{1,3}$ , а скорость вращения детали определяют по формуле

$$V_{дет} = \frac{\sqrt{2} \cdot m \cdot V_{кр} \cdot t^{2,5}}{203 \sqrt{\bar{X}^3 \left( \frac{1}{R_{дет}} + \frac{1}{R_{кр}} \right)^{0,5}}}$$

где  $t$  - номинальная глубина шлифования, м;

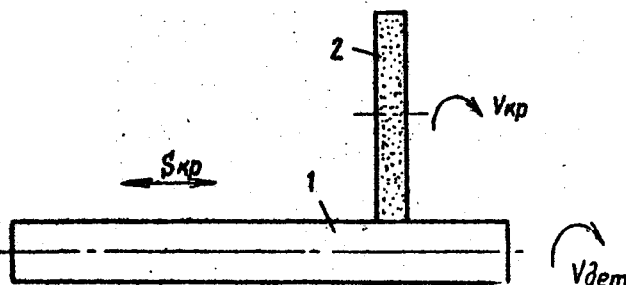
$m$  - объемная концентрация зерен;

$\bar{X}$  - зернистость круга, м;

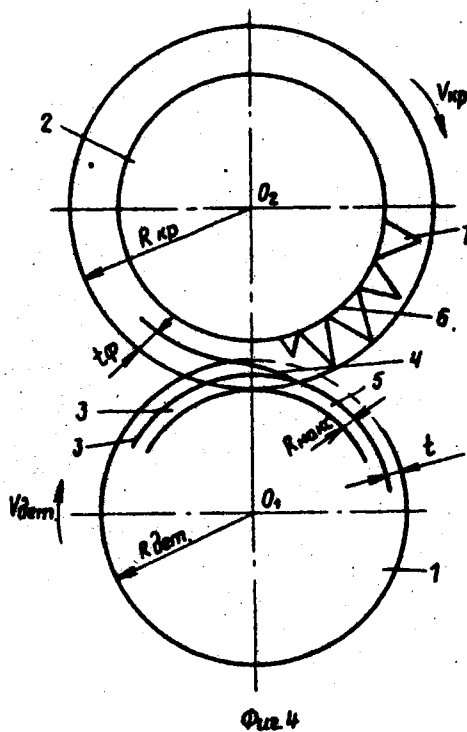
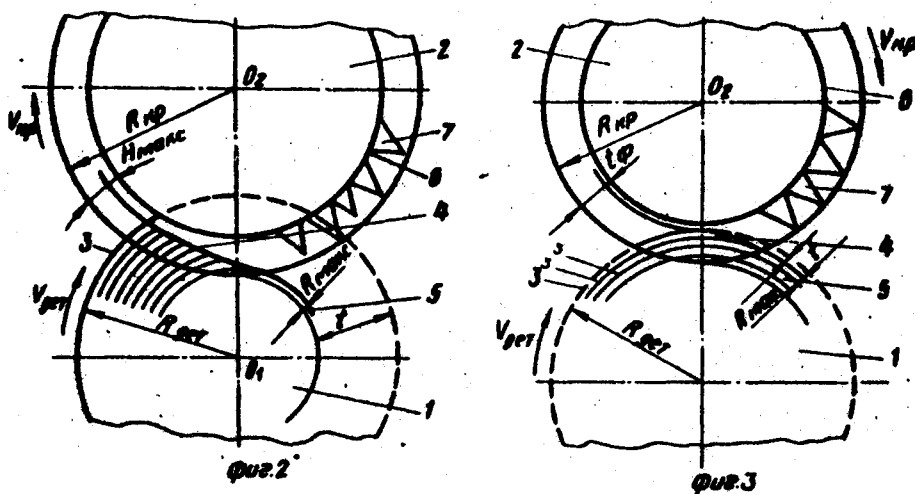
$V_{кр}$  - скорость круга, м/с;

$R_{дет}, R_{кр}$  - соответственно радиусы детали и круга, м;

$H_{макс}$  - предельная толщина среза, м.



Фиг. 1



Редактор М. Бандура      Составитель А. Шутов      Техред Л. Сердюкова      Корректор А. Обручар

Заказ 370

Тираж 609

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101