



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 1426756

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство на изобретение:
"Способ глубокого шлифования цилиндрической детали"

Автор (авторы): Новиков Федор Васильевич и Якимов Алексей Александрович

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

Заявка № 4225397

Приоритет изобретения 5 января 1987г.
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений СССР

1 июня 1988г.
Действие авторского свидетельства распространяется на всю территорию Союза ССР.

Председатель Комитета

Начальник отдела

Two handwritten signatures in black ink are present. The first signature is written over the text 'Председатель Комитета' and the second signature is written over the text 'Начальник отдела'. Both signatures are stylized and cursive.



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1426756 A2

(51)4 В 24 В 1/00, 5/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (61) 1199594
(21) 4225397/25-08
(22) 05.01.87
(46) 30.09.88. Бюл. № 36
(71) Специализированный проектный конструкторско-технологический институт по разработке и внедрению автоматизированных систем для оборудования с программным управлением
(72) Ф. В. Новиков и А. А. Якимов
(53) 621.9(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1199594, кл. В 24 В 1/00, 1984.
(54) СПОСОБ ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ
(57) Изобретение относится к машино-

строению и может быть использовано при изготовлении цилиндрических деталей. Целью изобретения является повышение производительности шлифования путем управления нагрузкой, действующей на максимально выступающее зерно, определяющей интенсивность износа круга. Врезание осуществляют на полную глубину резания с переменной скоростью подачи, а обработку ведут при постоянной скорости вращения детали, которую определяют после измерения мощности шлифования при обработке детали из партии одинаковых деталей по математической зависимости. 3 ил., 1 табл.

(19) SU (11) 1426756 A2

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

Целью изобретения является повышение производительности шлифования путем управления нагрузкой, действующей на максимально выступающее зерно и определяющей интенсивность износа круга.

На фиг. 1 приведена расчетная схема процесса шлифования; на фиг. 2 — экспериментально установленная зависимость относительного расхода алмаза от глубины шлифования; на фиг. 3 — блок-схема устройства для реализации способа.

На фиг. 1 обозначено: 1 — шлифовальный круг; 2 — уровень связки круга; 3 — режущие зерна круга; 4 — изношенные части зерен.

Выделим слой зерен d_n , имеющих высоту выступления над связкой $(b - y_s)$, и опишем закономерность образования профиля от их наложения на плоскость образца, совпадающую с диаметральной плоскостью круга. При взаимном горизонтальном движении d_n зерен и радиальном движении образца на его поверхности будут образовываться срезы различной толщины, подчиняющиеся равномерному закону распределения. Для описания процесса наложения зерен введем относительную полноту профиля — характеристику, по структуре построения аналогичную относительной опорной длине микропрофиля обработанной поверхности детали, которая имеет вид

$$\varepsilon_i(y) = \frac{d_n [a_s + 2 \operatorname{tg} \delta \cdot (y - y_i)]}{B}, \quad (1)$$

где a_s — диаметр верхнего основания зерна, м;

B — ширина шлифования, м;

2δ — угол при вершине зерна;

$$d_n = n \cdot \frac{1}{6} \cdot d_{y_i};$$

n — общее число зерен, участвующих в резании при движении образца в слое зерен высотой b ;

$$n = K \cdot B \cdot v_{кр} \cdot \frac{b}{v_{дет}}, \quad (2)$$

где $v_{кр}$ — скорость круга, м/с.

Суммарный профиль от таких срезов получим вероятностным суммированием, для чего перейдем от $\varepsilon_i(y)$ к противоположной функции $\varphi_i(y) = 1 - \varepsilon_i(y)$ и воспользуемся теоремой умножения независимых случайных величин

$$\varphi(y) = \prod_{i=1}^{\infty} \varphi_i(y) = e^{-\frac{d_n}{B} [\alpha_s (y - y_a) + \operatorname{tg} \delta (y - y_a)^2]} \quad (3)$$

Относительную полноту профиля от всех зерен, участвующих в резании, получим умножением $\varphi(y)$ от всех элементарных слоев зерен. Величину a_s представим выражением $a_s = 2 \operatorname{tg} \delta \cdot (y_a - y_s)$, в котором $(y_a - y_s)$ заменим $\eta(y - y_s)$, где $\eta = 0 - 1$ параметр, характеризующий степень износа зерна до момента его объемного разрушения. После преобразований имеем

$$\varphi_{общ} = e^{-\frac{n \cdot \operatorname{tg} \delta (1 - \eta^2)}{b \cdot B} \cdot \frac{y^3}{3}} \quad (4)$$

Уровень $y = H$, при достижении которого произойдет полный съем объема металла с поверхности движущегося образца режущими зернами круга, получим из условия $\varepsilon_0(y = H) = 0,9$

$$H = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot v_{дет} \cdot b \cdot \ln(1 - \varepsilon_0)}{\operatorname{tg} \delta \cdot K \cdot v_{кр} (1 - \eta^2)}} \quad (5)$$

Максимальную толщину среза H_{\max} определим из зависимости $H_{\max} = (1 - \eta)H$

$$H_{\max} = (1 - \eta) \sqrt[3]{\frac{3 \cdot v_{дет} \cdot b \cdot \ln(1 - \varepsilon_0)}{\operatorname{tg} \delta \cdot K \cdot v_{кр} (1 - \eta^2)}} \quad (6)$$

Выразим параметр η через площадь единичного среза S

$$S = \operatorname{tg} \delta \cdot H^2 - \operatorname{tg} \delta \cdot \frac{H^2}{1 - \eta^2} = \operatorname{tg} \delta \cdot x \quad (7)$$

Учитывая, что угол при вершине зерна в среднем равен 90° , т.е. $\operatorname{tg} \delta = 1$, получим

$$(1 - \eta^2) = \frac{S}{H^2} \quad (8)$$

Подставляя (8) в (5), имеем

$$H = \frac{3 \cdot v_{дет} \cdot b \cdot \ln(1 - \varepsilon_0)}{K \cdot v_{кр} \cdot S} \quad (9)$$

Соответственно N_{\max} с учетом $(1 + \eta) = 1$ опишется

$$N_{\max} = \frac{K \cdot v_{кр} \cdot S^2}{3 \cdot v_{дет} \cdot b \cdot \ln(1 - \epsilon_0)} \quad (10)$$

Площадь среза S выразим через тангенциальную составляющую нагрузку P , действующую на максимально выступающее зерно:

$$S = \frac{P}{\sigma} \quad (11)$$

где σ - условное напряжение резания, которое с достаточной для практики точностью аппроксимируется зависимостью

$$\sigma = \frac{A}{N_{\max}^{0,75}} \cdot \frac{N}{\mu^2}$$

где A - параметр, характеризующий прочностные свойства обрабатываемого материала, $\frac{N}{\mu^2}$

Окончательно площадь среза S примет вид

$$S = \frac{P}{A} \cdot N_{\max}^{0,75} \quad (12)$$

Подставляя (12) в (10), имеем

$$N_{\max} = \left(\frac{3b \cdot v_{дет} \cdot \ln(1 - \epsilon_0) \cdot A^2}{K \cdot v_{кр} \cdot P^2} \right)^2 \quad (13)$$

С учетом (12) и (13) параметр N определится

$$N = \left(\frac{K \cdot v_{кр} \cdot P^2}{3d \cdot v_{дет} \cdot \ln(1 - \epsilon_0) \cdot A^2} \right)^{0,5} \cdot \frac{P}{A} \quad (14)$$

Получим зависимость для определения параметра η :

$$\eta = 1 - \frac{N_{\max}}{N} = 1 - \frac{A}{P} \left(\frac{3b \cdot v_{дет} \cdot \ln(1 - \epsilon_0) \cdot A^2}{K \cdot v_{кр} \cdot P^2} \right)^{2,5}$$

Параметры $v_{дет}$, b , K применительно к обработке цилиндрической детали представим следующим образом:

$$v'_{дет} = v_{дет} \cdot \sqrt{2 t \rho}, \quad (16)$$

$$b = (1 - \bar{\epsilon}) \cdot \bar{X}, \quad (17)$$

$$K = \frac{3 m (1 - \bar{\epsilon})}{200 \bar{n} \bar{X}^2}, \quad (18)$$

где $v_{дет}$ - скорость детали, м/с;
 t - глубина шлифования, м;

$\rho = \frac{1}{R_{кр}} + \frac{1}{R_{дет}}$; $R_{кр}$, $R_{дет}$ - соответственно радиусы детали и круга, м;

\bar{X} - зернистость круга, м;

m - объемная концентрация круга, %;

$(1 - \bar{\epsilon})$ - коэффициент, характеризующий величину выступания зерен над связкой.

Тогда параметр η выразится

$$\eta = 1 - \frac{A}{P} \left(\frac{600 \bar{n} \cdot \bar{X}^3 \cdot v_{дет} \sqrt{2 t \rho} \cdot A^2}{m \cdot v_{кр} \cdot P^2} \right)^{2,5} \quad (19)$$

Параметр N_{\max} с учетом (16), (17) и (18) определится

$$N_{\max} = \left(\frac{600 \bar{n} \cdot \bar{X}^3 \cdot v_{дет} \sqrt{2 t \rho} \cdot A^2}{m \cdot v_{кр} \cdot P^2} \right)^2 \quad (20)$$

В данную зависимость входят параметры P и A , первый из которых в установленном процессе шлифования принимает значение, равное прочности зерна на раздавливание, второй - значение, определяемое расчетно-экспериментальным путем. Для его установления при заданных исходных данных измеряется мощность шлифования N и пересчетом определяется A . Выразим A через N . В общем виде мощность шлифования N равна

$$N = v_{кр} \cdot S_{мгн} \cdot \sigma, \quad (21)$$

где $S_{мгн}$ - мгновенная площадь среди всеми режущими зернами круга,

$$S_{мгн} = \frac{B \cdot v_{дет} \cdot t}{v_{кр}} \quad (22)$$

С учетом преобразованной зависимости $\sigma = \frac{A}{N_{\max}^{0,75}}$ окончательно мощность шлифования определяется

$$N = b \cdot v_{\text{дет}} \cdot t \cdot A \left(\frac{m \cdot v_{\text{кр}} \cdot P^2}{600 \pi \bar{X}^3 \cdot v_{\text{дет}} \sqrt{2 t \rho \cdot A^2}} \right)^{0,5} \quad (23)$$

откуда параметр А выразится

$$A = \left(\frac{B \cdot v_{\text{дет}_0} \cdot t_0}{N} \right)^{0,5} \times \left(\frac{m \cdot v_{\text{кр}} \cdot P^2}{600 \pi \bar{X}^3 \cdot v_{\text{дет}_0} \sqrt{2 t_0 \rho}} \right)^{0,15} \quad (24)$$

В данном случае параметры $v_{\text{дет}}$ и t отличны от аналогичных параметров, входящих в вышеприведенные зависимости, поэтому обозначим их в (24) как $v_{\text{дет}_0}$ и t_0 . Подставляя (24) в (19) и разрешая зависимость (19) относительно $v_{\text{дет}}$, имеем

$$v_{\text{дет}} = 60 \left(\frac{600 \pi \bar{X}^3 \sqrt{2 \rho}}{m \cdot v_{\text{кр}}} \right)^{0,8} \times \frac{(1 - \eta)^{0,4}}{t^{0,5}} \cdot \left(\frac{N}{P \cdot B} \right)^{1,2} \cdot \frac{v_{\text{дет}_0}^{0,6}}{t_0^{0,3}} \quad (25)$$

Таким образом получена формула для расчета скорости детали $v_{\text{дет}}$.

По схеме глубинного шлифования производилась обработка партии цилиндрических деталей диаметром 200 мм и шириной 8 мм из стали кругом диаметром 300 мм с характеристиками - КР 160/125 Б8-100. При предварительной обработке детали представляли из партии деталей глубина шлифования принималась равной $t_0 = 0,5$ мм, а скорость круга $v_{\text{кр}} = 30$ м/с. Врезание на полную глубину резания осуществлялось с переменной скоростью подачи, изменяющейся в соответствии с зависимостью $S_n = 0,30 - 0,1$ м/мин, где t - текущая глубина резания, мм.

Расчетные значения S_n в зависимости от t приведены в таблице.

t , мм	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
S_n , м/мин	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25	0,25

После врезания на полную глубину резания обработку детали представи-

теля вели с постоянной скоростью детали $v_{\text{дет}_0}$, равной $v_{\text{дет}_0} = 0,1$ м/мин.

Измеренная мощность шлифования для такого режима резания составила $N = 510$ Вт.

Скорость детали $v_{\text{дет}}$ для всей партии деталей устанавливалась в соответствии с зависимостью

$$v_{\text{дет}} = 60 \left(\frac{600 \pi \bar{X}^3 \sqrt{2 \rho}}{m \cdot v_{\text{кр}}} \right)^{0,8} \times \frac{(1 - \eta)^{0,4}}{t^{0,5}} \cdot \left(\frac{N}{P \cdot B} \right)^{1,2} \cdot \frac{v_{\text{дет}_0}^{0,6}}{t_0^{0,3}} \quad \text{м/мин.}$$

Принимая глубину шлифования t , равной $t = 0,3$ мм, и подставляя в приведенную зависимость для определения $v_{\text{дет}}$ исходные данные: $m = 100$

$$\bar{X} = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}; R_{\text{кр}} = 0,15 \text{ м};$$

$$R_{\text{дет}} = 0,1 \text{ м}; \rho = 16,7 \frac{1}{\text{м}};$$

$$P = 0,8 \text{ Н}; B = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\eta = 0,88; v_{\text{дет}_0} = 30 \text{ м/с}; v_{\text{дет}_0} =$$

$$= 0,0017 \text{ м/с}; t_0 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$t = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м, получим}$$

$$v_{\text{дет}} = 60 \left(\frac{600 \cdot 3,14 \cdot 0,00274 \cdot 10^9 \cdot 5,78}{100 \cdot 30} \right)^{0,8} \times$$

$$\times \frac{0,12^{0,4}}{(0,3 \cdot 10^{-3})^{0,5}} \cdot \left(\frac{510}{0,8 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} \right)^{1,2} \times$$

$$\times \frac{0,0017^{0,6}}{(0,5 \cdot 10^{-3})^{0,3}} = 0,4 \text{ м/мин.}$$

Полученная скорость детали устанавливалась постоянной для всей партии обрабатываемых деталей.

Для проверки правильности выполненных расчетов проводились экспериментальные исследования относительно расхода алмаза.

На фиг. 2 приведена экспериментально установленная зависимость относительно расхода алмаза q от глубины шлифования t при постоянном значении $v_{\text{дет}} = 0,3$ м/мин для условий шлифования, принятых при расчете скорости детали. Следуя приведенной зависимости, минимум относительного рас-

хода алмаза, соответствующий значению $\eta = 0,88$, достигается при глубине шлифования, равной $t = 0,3$ мм. Это значение равно принятой в расчетах глубине шлифования t .

Следовательно, при одинаковых значениях t расхождение расчетной величины $v_{дет} = 0,4$ м/мин и экспериментальной $v_{дет} = 0,3$ м/мин находится в пределах 30%, что вполне приемлемо для практических целей.

Для непрерывного поддержания стабильности работы круга из СТМ на металлической связке в предложенном способе шлифования могут быть использованы известные способы электроэрозионной или электрохимической правки круга.

На фиг. 3 приведена блок-схема устройства для реализации предложенного способа.

Устройство содержит круглошлифовальный станок 5, оснащенный датчиком 6 активного контроля перемещения круга, датчиком 7 активного контроля диаметра обрабатываемой детали 8, датчиком 9 измерения мощности шлифования, привод 10 вращения детали, шлифовальный круг 1, привод 11 вращения круга, привод 12 поперечной подачи, блок 13 управления приводом поперечной подачи, усилительные блоки 14, 15, 16, блок 17 вычисления скорости вращения детали, блок 18 управления приводом вращения детали, генератор 19 униполярных импульсов.

Шлифование осуществляется следующим образом.

Шлифовальный круг 1 после правки подводят до касания с вращающейся деталью-представителем 8 из партии одинаковых деталей и производят врезание с переменной скоростью поперечной подачи в соответствии с зависимостью $S_n = 0,30 - 0,1 t$, регулируемой блоком 13 управления приводом поперечной подачи. Датчиком 6 измеряют величину перемещения круга, соответствующую глубине резания. Датчиком 7 измеряют диаметр детали 8. Сигнал, пропорциональный этой величине, подается в блок 14 затем в блок 17. При достижении заданной глубины резания привод 12 поперечной подачи отключается, а обрабатываемой детали 8 сообщается равномерное вращательное движение со скоростью $v_{дет0}$. Датчиком 9 измеряется мощность шлифования и сигнал пода-

ется в блок 15, затем в блок 17, где производится вычисление скорости детали $v_{дет}$ в соответствии с зависимостью, приведенной выше. Сигнал с блока 17, пропорциональный установленной скорости детали-представителя, подается в блок 18 управления приводом вращения детали.

Обработку всех последующих деталей партии ведут при скорости вращения детали, значение которой определено на детали-представителе и введено в блок 18 управления.

Для поддержания высокой режущей способности круга используют непрерывную электроэрозионную правку круга. Для этого шлифовальный круг на токопроводящей связке изолируют от шпинделя станка. Выход генератора униполярных импульсов положительным полюсом присоединяют к кругу, а отрицательным - к детали. При указанной полярности происходит электроэрозионный процесс удаления связки круга и обновление выступающих алмазных зерен.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ глубинного шлифования цилиндрической детали по авт. св. № 1199594, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности шлифования путем управления нагрузкой, действующей на максимально выступающее зерно круга, при врезании на полную глубину резания в одну из деталей партии вновь заправленным кругом измеряют мощность шлифования, при этом скорость вращения детали для всей партии выбирают по формуле

$$v_{дет} = 60 \left(\frac{600 \pi \bar{X} \sqrt[3]{2\rho}}{m \cdot v_{кр}} \right)^{0,8} \times \frac{(1 - \eta)^{0,4}}{t^{0,5}} \cdot \left(\frac{N}{P \cdot B} \right)^{0,2} \cdot \frac{v_{дет0}^{0,6}}{t_0^{0,3}}, \text{ м/мин,}$$

где m - объемная концентрация круга, %;

$v_{кр}$ - скорость круга, м/с;

ρ - приведенный радиус,

$$= \frac{1}{R_{кр}} + \frac{1}{R_{дет}};$$

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

- B - ширина шлифования, м;
- P - тангенциальная составляющая нагрузки, действующей на максимально выступающее зерно круга, Н;
- N - мощность шлифования, Вт;
- t - глубина шлифования, м;
- $v_{дет}$ и t_0 - соответственно скорость детали, м/с, и глубина

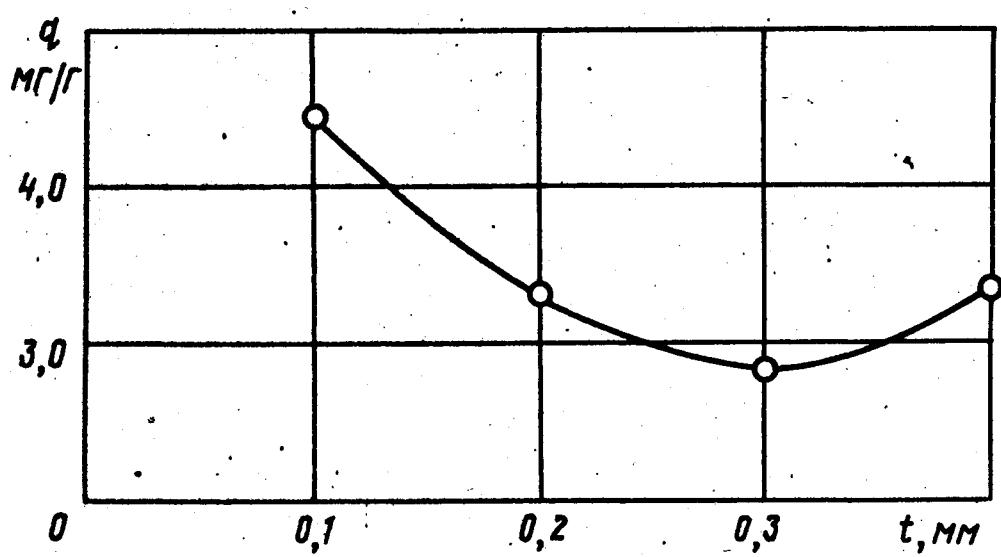
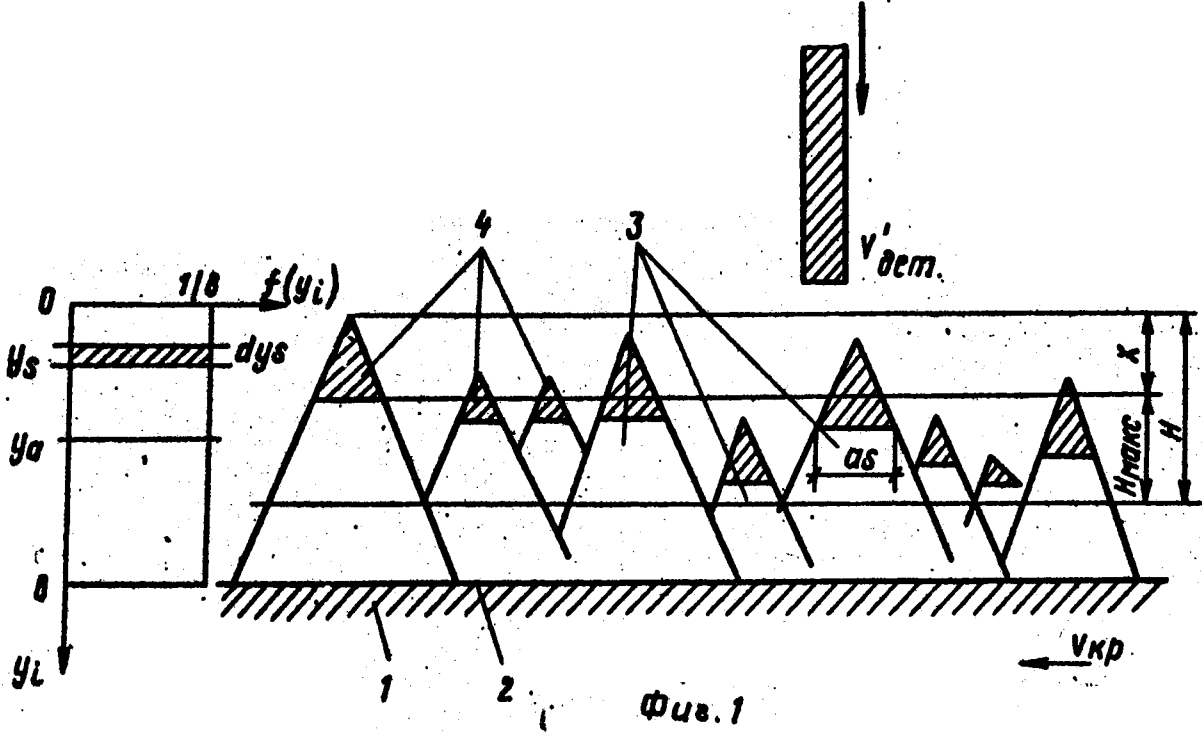
- шлифования, м, при которых производится измерение мощности шлифования;
- ℓ - параметр, определяющий степень износа максимально выступающего зерна до его объемного разрушения или выделения из связи;
- \bar{X} - зернистость круга, м.

5

2

10

10



Фиг. 2

