



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1455234** **A1**

(51) 4 G 01 B 11/30

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГИИТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

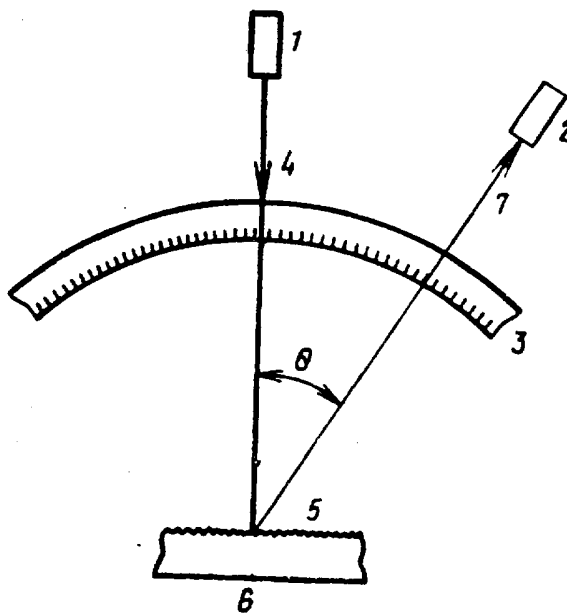
ВНЕШНЕЕ  
ПАТЕНТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
БИБЛИОТЕКА

(21) 4126629/24-28  
(22) 16.06.86  
(46) 30.01.89. Бюл. № 4  
(71) Северо-Западный заочный политехнический институт  
(72) Ю.Р.Витенберг, А.Д.Терехов и И.А.Торчинский  
(53) 531.717.8 (088.8)  
(56) Авторское свидетельство СССР № 1040895, кл. G 01 B 11/30, 1984.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ

(57) Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для определения параметров шероховатости поверхностей. Целью изобретения является повышение информативности за счет увеличения числа определяе-

мых параметров шероховатости и повышения точности за счет устранения влияния макрогеометрических отклонений поверхности при определении шероховатости, имеющей периодическую составляющую в виде борозд. Для этого освещают контролируемую поверхность 5 пучком 4 монохроматического излучения от источника 1 и в плоскости освещения, перпендикулярной бороздам шероховатости, регистрируют экстремальные значения распределения интенсивности рассеянного излучения 5. По полученным данным рассчитывают средний шаг, среднее квадратичное отклонение и длину корреляции неровностей, а также средний угол наклона боковых сторон неровностей. 1 ил.



(19) **SU** (11) **1455234** **A1**

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для измерения шероховатости обработанных поверхностей с большим диапазоном высот неровностей, имеющих периодическую составляющую.

Цель изобретения - повышение информативности за счет увеличения числа определяемых параметров шероховатости и повышение точности за счет исключения влияния микрогеометрических отклонений поверхности при определении шероховатости поверхностей, имеющих периодическую составляющую в виде борозд.

На чертеже изображена схема устройства, реализующего предлагаемый способ, с ходом излучения в нем.

Устройство содержит источник 1 монохроматического светового потока, фотоприемник 2 и отсчетную шкалу 3 углов, позицией 4 обозначен световой поток (пучок), нормально освещающий контролируемую поверхность 5 объекта 6, а позицией 7 - рассеянный световой поток.

Способ осуществляют следующим образом.

От источника 1 монохроматического света с длиной волны  $\lambda$  направляют световой поток 4 нормально к контролируемой поверхности 5 изделия 6. Интенсивность рассеянного светового потока 7 регистрируют фотоприемником 2 в плоскости, перпендикулярной бороздам шероховатости. Вращают фотоприемник 2 в этой плоскости и определяют по шкале 3 значение углов  $\theta_{y \max}$  и  $\theta_{y \min}$ , при которых интенсивность рассеянного света максимальна и минимальна, а также регистрируют величины максимумов интенсивности  $I_{\max}$ .

Затем по полученным данным определяют параметры шероховатости. Для этого строят зависимость

$$\ln(I_m) = f(\operatorname{tg}^2 \theta_m / 2),$$

где  $m$  - порядковый номер максимума интенсивности рассеянного излучения  $I_m$ ,

$\theta_m$  - его угловое положение, определяют по ней,

$\operatorname{tg} \delta$  - угол наклона прямой, являющейся графиком этой зависимости.

Параметры шероховатости рассчитывают из соотношений:

средний шаг неровностей:

$$T = \frac{m \lambda}{\sin \theta_m}$$

среднее квадратичное отклонение неровностей:

$$\sigma = \frac{T}{2\pi} \sqrt{\frac{0,5}{\operatorname{tg} \delta}};$$

длина  $l$  корреляции неровностей

$$0,1 < \left( \frac{T\sigma}{\lambda l} \right) < 0,2;$$

средний угол  $\delta$  наклона боковых сторон неровностей:

$$\operatorname{tg} \delta = \sqrt{2} \left( \frac{\sigma}{l} \right).$$

Теоретическое обоснование способа заключается в следующем.

Если рассеивающая поверхность является гладкой, а сами шероховатости достаточно большими, т.е. выполняется условие

$$\cos \theta_0 \gg \sqrt[3]{\rho K Q}, \quad (1)$$

где  $\theta_0$  - угол падения;

$K = 2\pi/\lambda$  - волновое число;

$\lambda$  - длина волны падающего света;

$\rho$  - локальный радиус кривизны микронеровностей,

то для расчета индикатриссы рассеянного света можно пользоваться методом касательной плоскости. В этом случае индикатрисса рассеянного света описывается зависимостью

$$I(\vec{k} \cdot \vec{\kappa}) = C \frac{q_z^4}{q_z^4} S_0 \omega(\vec{y}) = - \frac{q_z}{q_z}, \quad (2)$$

где  $I$  - интенсивность рассеянного света в данном направлении света;

$C$  - постоянная;

$\vec{k} = \alpha \vec{K}$  - волновой вектор падающего света;

$\vec{\kappa} = \beta \vec{K}$  - волновой вектор рассеянного света;

$\alpha$  - единичный вектор в направлении падающего света;

$\beta$  - единичный вектор в направлении рассеянного света;

$S_0$  - номинальная площадь рассеивающей поверхности;

$\omega$  - плотность распределения тангенса угла наклона боковых сторон микронеровностей:

$$\vec{q} = (\vec{\beta} - \vec{\alpha}) K;$$

$q_2$  - величина проекции вектора  $\vec{q}$  на нормаль к поверхности  $S_0$ ;

$q_1$  - проекция вектора  $q$  на поверхность  $S_0$ .

После операции точения, доводки, шлифования и строгания обработанная поверхность имеет ярко выраженную анизотропию, т.е. уравнение рассеивающей поверхности описывается функцией

$$Z = Z(x), \quad (3)$$

если ось  $Z$  направлена перпендикулярно бороздам шероховатости. В этих

$$I = \frac{C}{\cos^2 \theta / 2} e^{-\frac{1}{2} (\text{tg } \theta / 2 / \omega \sigma)^2 + \frac{1}{24} (\text{tg } \theta / 2 / \omega \sigma)^4 (1 / K \sigma)^4 \frac{1}{(1 + \cos \theta)^2}} \times \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \cos(2\pi n \frac{T}{\lambda} \sin \theta) \exp \left\{ -4\pi^2 n^2 (1 + \cos \theta)^2 \left( \frac{K \sigma}{\omega \sigma} \right)^2 \right\} \right\}, \quad (5)$$

где  $l$  - длина корреляции;

$\sigma$  - среднеквадратическая высота микронеровностей.

Слагаемые под знаком суммы в (5) быстро уменьшаются с ростом числа  $n$ . Из зависимости (5) видно, что распределение интенсивности рассеянного света по направлениям должно получить осциллирующий характер. Действительно, при целых значениях

$$\frac{T}{\lambda} \sin \theta = m$$

все члены суммы в (5) имеют одну и ту же фазу, что приводит к появлению максимумов и минимумов на индикатриссе рассеяния при определенных углах  $\theta = \theta_m$ . Индикатрисса рассеяния в этом случае аналогична спектру рассеяния на периодической поверхности. Направления максимумов определяются соотношением

$$\frac{T}{\lambda} \sin \theta_m = m (m=0, 1, 2, \dots). \quad (6)$$

Таким образом, зная длину  $\lambda$  волны падающего света по измерению углового расстояния  $\theta_m$  между двумя соседними максимумами, можно опреде-

случаях рассеивающая поверхность описывается нормальной случайной функцией с корреляционной функцией, имеющей периодическую составляющую вида

$$f(\zeta) = \cos(\omega \zeta) \exp \left\{ -(\zeta/l)^2 \right\}, \quad (4)$$

где  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ;

$T$  - средний период микронеровностей;

$l$  - длина корреляции;

$\zeta$  - расстояние между двумя точками рассеивающей поверхности в направлении оси  $X$ .

При условии  $\omega l \gg 1$ , т.е. при нормальном падении (чтобы исключить затенение), зависимость (2) для корреляционной функции (4) принимает вид

литель средний период микронеровностей  $T$ .

Из соотношения (5) видно, что если по оси ординат откладывать

$$\ln(I_m \cos^2 \theta_m / 2),$$

(где  $I_m$  - максимальные значения интенсивности) как функцию  $\text{tg}^2 \theta_m / 2$ , то должна получиться прямая линия.

Второе слагаемое

$$\frac{1}{24} (\text{tg } \theta / 2 / \omega \sigma)^4 \left( \frac{1}{K \sigma} \right)^4 \frac{1}{(1 + \cos \theta)}$$

в показателе экспоненты намного меньше первого, поэтому им в дальнейшем пренебрегают. Из тангенса угла наклона  $\text{tg } \gamma$  кривой  $\ln(I_m)$  как функции  $\text{tg}^2 \theta_m / 2$ , можно определить среднее значение величины

$$|\text{tg } \gamma| = \frac{1}{2} \frac{1}{(\omega \sigma)^2}, \quad (7)$$

а поскольку

$$\frac{1}{\omega \sigma} = \frac{T}{2\pi \sigma}, \quad (8)$$

то, используя зависимости (6), (7)

и (8), можно определить среднеквадратическую высоту  $\zeta$  неровностей исследуемой поверхности.

Для оценки параметра  $l$  - длины корреляции, необходимо сопоставить теоретические зависимости, построенные согласно соотношению (5) с экспериментальными индикатриссами.

Из сопоставления расчетов с индикатриссами рассеяния шероховатости поверхностей (7-11)-го классов чистоты следует, что

$$0,1 \leq \frac{\zeta G}{\omega l} \leq 0,2 \quad (9)$$

Таким образом, сопоставление теоретического расчета (при известных  $\lambda$ , а следовательно, и

$$K = \frac{2\pi}{\lambda},$$

$T$ , определенным из опыта по формуле (6), и  $\zeta$ , определенным из опыта по формуле (8)) с конкретной индикатриссой позволяет найти точное значение  $l$  либо пользоваться оценкой (9) для (7-11)-го классов чистоты.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет измерить четыре пара-

метра шероховатости:  $\zeta$ ,  $T$ ,  $\text{tg} \delta$  и  $l$ , а также повысить точность за счет исключения влияния макрогеометрических отклонений контролируемой поверхности.

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

Способ определения шероховатости, заключающийся в том, что освещают пучком монохроматического излучения контролируемую поверхность и анализируют распределение интенсивности рассеянного этой поверхностью излучения, по которому судят о параметрах шероховатости, отличающийся тем, что, с целью повышения информативности и точности при определении параметров шероховатости, имеющей периодическую составляющую в виде борозд, освещение осуществляют нормально к контролируемой поверхности, а анализ распределения интенсивности осуществляют в плоскости освещения, перпендикулярной бороздам шероховатости путем регистрации величины и угловых положений экстремальных значений распределения рассеянного поверхностью излучения.

Редактор А.Ревин      Составитель В.Бахтин  
Техред М.Ходанич      Корректор С.Черни

Заказ 7446/49      Тираж 683      Подписное  
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4