

**УО «Мозырский государственный профессиональный лицей  
строителей»**

## **ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ**

**Выполнил учащийся группы  
МЭГ-146  
Плотников Никита**

**Шероховатость поверхности** — характеристика качества подготовки поверхности, совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине. Измеряется в *мкм*. Шероховатость относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные качества. Прежде всего износостойкость от истирания, **прочность**, плотность (**герметичность**) соединений, химическая стойкость, внешний вид. В зависимости от условий работы поверхности назначается параметр шероховатости при проектировании, также существует связь между предельным отклонением размера и шероховатостью.

Высотные параметры:

$R_a$  — среднее арифметическое отклонение профиля;

$$R_a = \frac{1}{l} \int_l^0 [y_i] dx$$

или

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$R_z$  — высота неровностей профиля по десяти точкам;

$$R_z = \left( \sum_{i=5}^N H_{i \max} + \sum_{i=5}^N H_{i \min} \right) / 5$$

$R_{max}$  — наибольшая высота профиля;

Шаговые параметры:

$S_m$  — средний шаг неровностей;

$S$  — средний шаг местных выступов профиля;

$tr$  — относительная опорная длина профиля, где  $p$  — значения уровня сечений профиля из ряда 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90%.

$$tp = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i$$

$Ra$ ,  $Rz$  и  $Rmax$  определяются на базовой длине  $l$  которая может принимать значения из ряда 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25мм.

Параметр  $Ra$  является предпочтительным.

## Измерение шероховатости

Возможны следующие методы измерения шероховатости:

Визуальный (сравнение по образцам).

Бесконтактный (при помощи микроскопа).

Контактный (с использованием профилометра или глубиномера).

Визуальный метод регламентируется стандартом ISO 8503, который определяет требования по использованию компараторов профиля, предназначенных для визуального и тактильного сравнения стальных поверхностей, очищенных абразивоструйным способом. Компараторы профиля поверхности используются для оценки шероховатости поверхности перед нанесением красок и других подобных продуктов или перед другими видами защиты поверхности.

Сравнение поверхностей детали и эталона невооруженным глазом дает удовлетворительные результаты лишь для грубых поверхностей (приблизительно от  $Ra = 0,6 - 0,8$  мкм и более). Точность при визуальной оценке шероховатости может быть повышена в случае внедрения лупы либо микроскопов сравнения, к примеру, микроскопа модели МС-48. В неких вариантах можно создавать сравнение проверяемой поверхности с поверхностью специально изготовленных образцовых деталей.

Контактный метод реализуется с использованием профилометров, профилографов и глубиномеров.

Контактный профилометр — прибор, предназначенный для измерения неровностей поверхности (шероховатости). Типичный профилометр содержит шкалу или индикатор, на которой и отсчитываются значения показателя шероховатости поверхности.

В технике профилометры в основном предназначены для измерений в лабораторных и цеховых условиях машиностроительных, приборостроительных и других предприятий, а также в полевых условиях, шероховатости поверхностей изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

Измерение параметров шероховатости поверхности производится по системе средней линии в соответствии с номенклатурой и диапазонами значений, предусмотренными ГОСТ 2789-73.

## В качестве примера рассмотрим прибор MarSurf PS1

Профилометр. Профилограф. Контроль шероховатости профилометром PS1.

Мобильные приборы измерения шероховатости заслуживают сегодня все большую популярность. Одно из первых мест в **мобильном контроле шероховатости поверхности** занимает **профилометр PS1** компании Mahr (Германия).



Прибор MarSurf PS1, выпускаемый сегодня компанией Mahr, для измерения шероховатости поверхности, легкий и имеет форму, специально разработанную для удобства в использовании.

При этом профилометр MarSurf PS1 обеспечивает высокую точность измерений в различных положениях и легко устанавливается с помощью подставки. Кроме того, при подключении к нему принтера он имеет возможность печатать профилограмму, то есть выполняет функции профилографа.

## Метод светового сечения

Оптический метод светового сечения может быть использован для контроля шероховатости высококачественных поверхностей и измерения толщины тонких прозрачных покрытий и пленок толщиной до 720 мкм.

Измерение величины неровностей и толщины покрытий или пленок при этом производится двойным микроскопом, например, МИС-11 или ПСС-2 (прибор светового сечения).

Схема метода светового сечения для измерения прозрачных покрытий (пленок) представлена на рис. 1. Аналогичная картина иллюстрирует измерение неровностей поверхности. Освещенная узкая щель проектируется микроскопом по оси 1 на поверхность детали с прозрачным покрытием. Направления падения света и отражения от поверхностей основания и покрытия показаны стрелками.

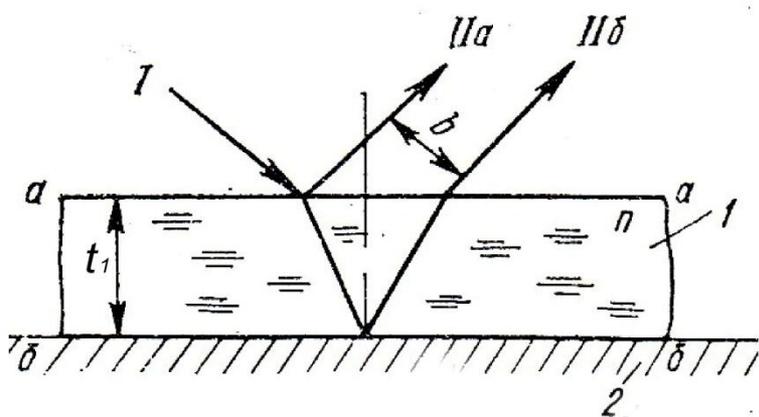


Рис. 1. Схема метода светового сечения при измерении прозрачных покрытий (или неровностей поверхности).  $I$  - ось падающего светового пучка, прошедшего щелевую диафрагму и оптическую систему;  $II$  - световые пучки, отраженные от поверхности покрытия  $I$  и основания 2.

В поле зрения микроскопа наблюдения (по оси  $II\ a$  и  $II\ б$ ), расположенного под углом  $90^\circ$  к оси проектирующего микроскопа, будут наблюдаться два изображения щели, отраженных от поверхностей « $aa$ » прозрачного покрытия  $1$  и « $бб$ » основания  $2$ . Изображения щели смещены друг относительно друга на величину  $b$ , пропорциональную оптической толщине покрытия  $t_1$ .

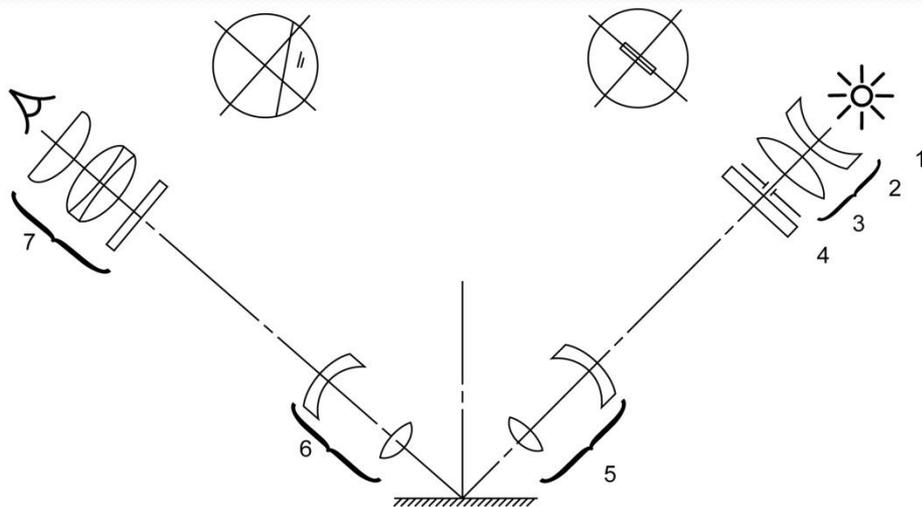


Рис. 2. Оптическая схема двойного микроскопа:  $1$  – лампа накаливания;  $2$  – конденсор;  $3$  – щелевая диафрагма;  $4$  – светофильтр;  $5$ ,  $6$  – объектив;  $7$  – винтовой окулярный микрометр.

Оптическая схема двойного микроскопа отличается наличием двойного микроскопа (рис. 2). Оси оптических систем перпендикулярны друг другу и находятся под углом  $45^\circ$  к поверхности объекта контроля. Объектив проецирует изображение щели шириной  $0,04$  мм на поверхность покрытия. При этом световой поток как бы рассекает покрытие плоскостью, проходящей под углом  $45^\circ$  к нему.

Изображение щели разрывается на покрытия и расходуется на величину  $b$ , которая измеряется с помощью окулярного микрометра. Картина, получаемая в сечении, рассматривается через наблюдательный микроскоп. На первичной пластине окулярного винтового микрометра образуется изображение щели, отраженной от поверхностей покрытия и основания. На этой же пластине выполнено перекрестие, причем пластина с перекрестием может перемещаться с помощью микрометрической головки в направлении биссектрисы угла между рисками, образующими крест.

Измерение толщины покрытия производится последовательным наведением нити перекрестия окулярного винтового микрометра по наиболее четким краям изображений щели. Затем снимаются отсчеты по шкале барабана окулярного винтового микрометра и находится разность между этими отсчетами. При этом отсчеты нужно снимать по одинаковым краям изображений щели.

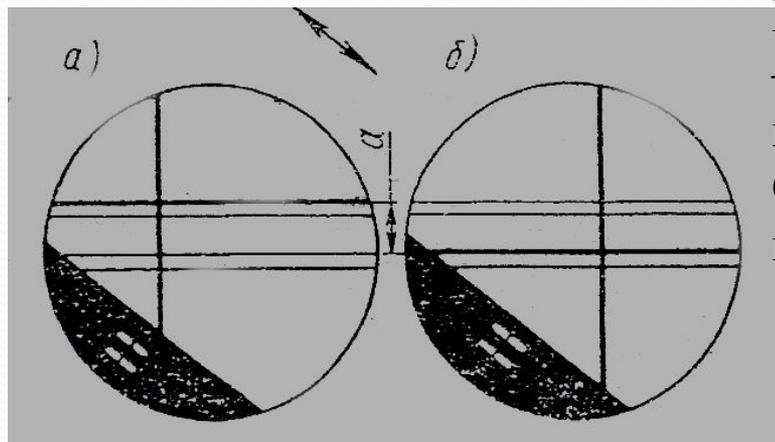


Рис. 3. Вид поля зрения прибора ПСС – 2: *а* – первое положение нити перекрестья, *б* – второе положение нити перекрестья. Стрелками показано направление перемещения перекрестия.

Толщина прозрачного покрытия (величина шероховатости) при перемещении нити окулярного микрометра под углом  $45^\circ$  определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{a}{2N} \sqrt{2n^2 - 1}$$

где  $a$  - разность в отсчетах по шкалам окулярного микрометра; для получения толщины покрытия в микрометрах необходимо величину  $a$ , полученную по шкалам окулярного микрометра, умножить на 10;

$N$  - увеличение объектива;

$n$  - показатель преломления прозрачного покрытия.

Принципиальная схема метода светового сечения для измерения неровностей представлена на рис. 4.

Освещенная узкая щель проектируется микроскопом по оси  $I$  на ступенчатую поверхность  $P_1$ - $P_2$ , образованную краем покрытия (пленки). При таком падении света на ступенчатую поверхность изображение узкой щели займет два положения: на поверхности подложки 2 - положение  $S_1$  и на поверхности покрытия  $I$  - положение  $S_2$ . В поле зрения микроскопа наблюдения  $II$ , расположенного под углом  $90^\circ$  к оси проектирующего микроскопа, будут наблюдаться смещенные друг относительно друга два изображения щели.

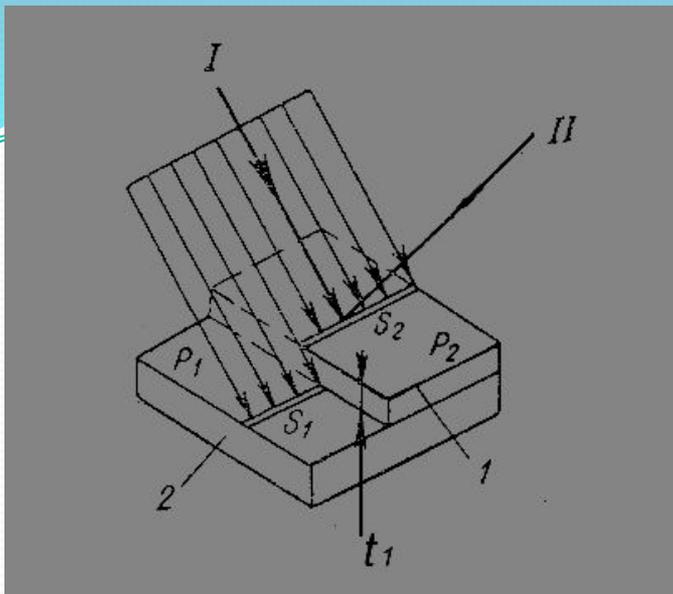
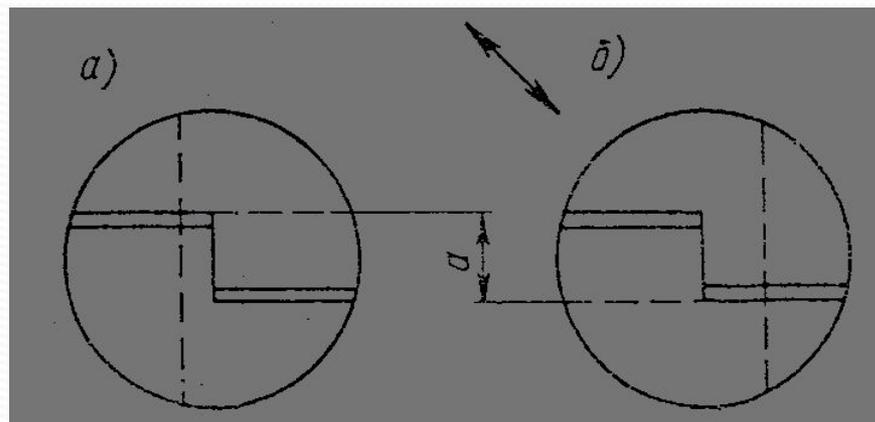


Рис. 4. Принципиальная схема метода светового сечения для измерения неровностей

Величина смещения, которая находится последовательным наведением нити перекрестия окулярного винтового микрометра, служит мерой неровности.

Вид поля зрения при измерении неровностей представлен на рис. 5.

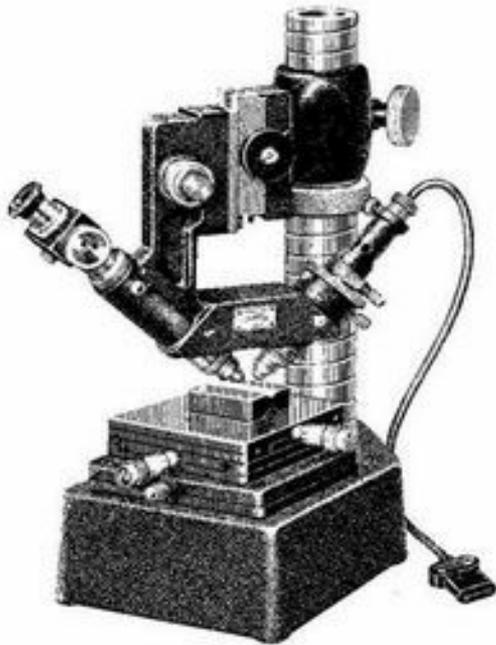
Рис. 5. Вид поля зрения при измерении толщины неровностей: *a* – первое положение нити перекрестия, *б* – второе положение нити перекрестия. Стрелкой указано направление перемещения перекрестия



Величина неровности при перемещении нити окулярного микроскопа под углом  $45^\circ$  к поверхности измеряемого покрытия находится по формуле

$$t_1 = \frac{a}{2N}$$

Рис. 6. Внешний вид двойного микроскопа МИС – 11.



Выпускаемые приборы, работающие с использованием данного метода, позволяют измерять неровности в диапазоне от 0,8 до 720 мкм.

Принцип действия интерферометров основан на использовании явления интерференции света, отраженного от образцовой и исследуемой поверхностей. Форма образующихся интерференционных полос зависит от вида и высоты (до 1 мкм) неровностей контролируемой поверхности.

Принцип действия растровых микроскопов основан на явлении образования муаровых полос при наложении изображений частей двух периодических структур (направленных следов обработки и дифракционной решетки). При наличии неровностей муаровые полосы искривляются. Высоту микронеровностей определяют по степени искривления муаровых полос.