Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Измерение шероховатости поверхности на микроскопе МИС-11

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Технические измерения»
для студентов направления

15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2026

Цель работы: изучение параметров шероховатости поверхности, принципа действия и конструкции микроскопа МИС-11, знакомство с методикой измерения шероховатости поверхности, приобретение практических навыков работы на микроскопе МИС-11.

1. Общие положения о шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности является одной из основных геометрических характеристик качества поверхностей деталей и оказывает влияние на эксплуатационные показатели. Термины и определения основных понятий по шероховатости установлены ГОСТ 25142-82 и приведены в таблице 1, а параметры и характеристики регламентируются ГОСТ 2789-73 и представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться исходя из функционального назначения поверхности и заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости поверхности не устанавливаются и шероховатость контролироваться не должна. Требования к шероховатости не включают требований к дефектам поверхности (раковины и пр.), поэтому при контроле шероховатости поверхности влияние дефектов поверхности должно быть исключено. В некоторых случаях допускается устанавливать требования к шероховатости отдельных участков поверхности, которые могут быть различными.

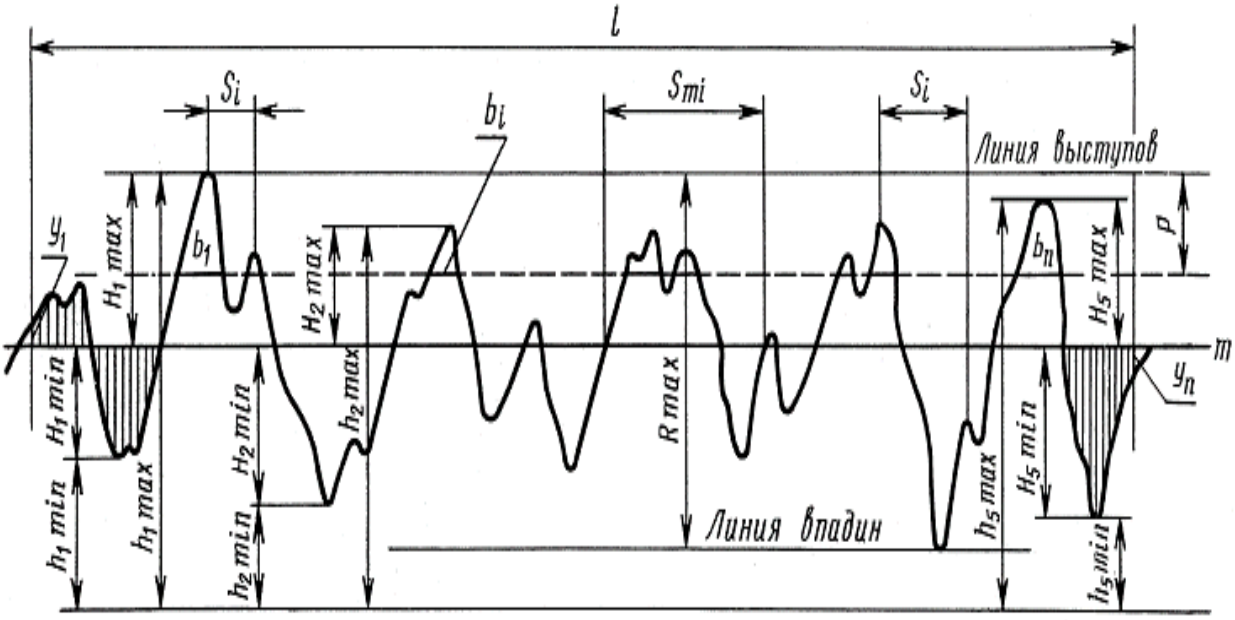
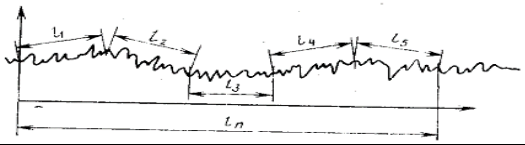
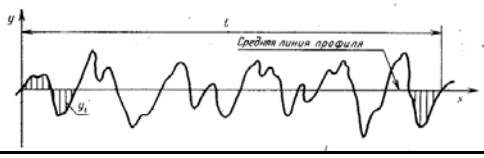
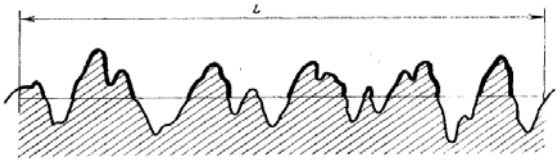
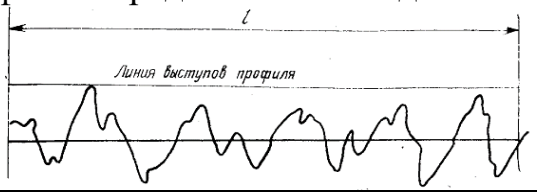
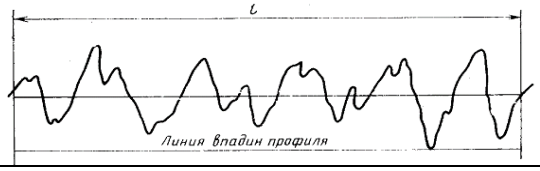
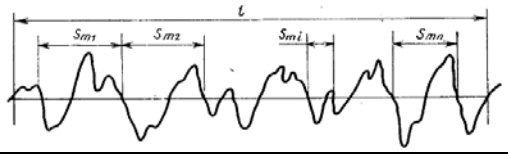


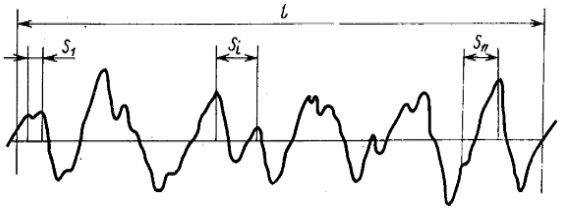
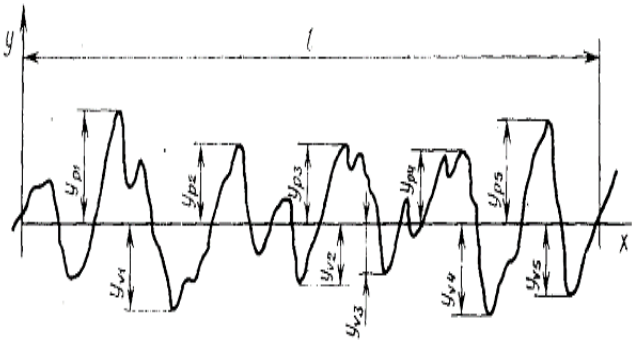
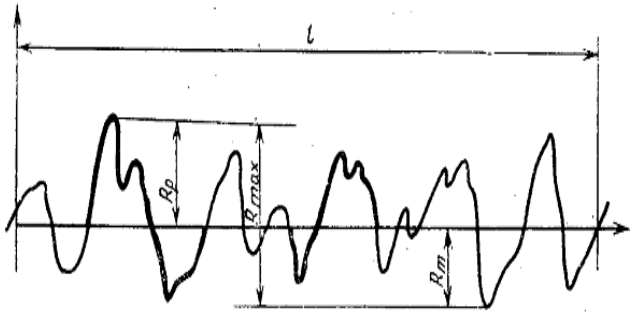
Рисунок 1. Параметры шероховатости поверхности

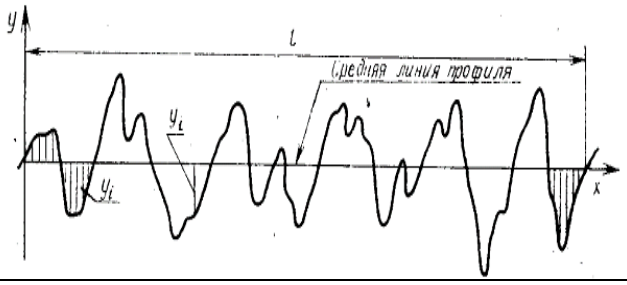
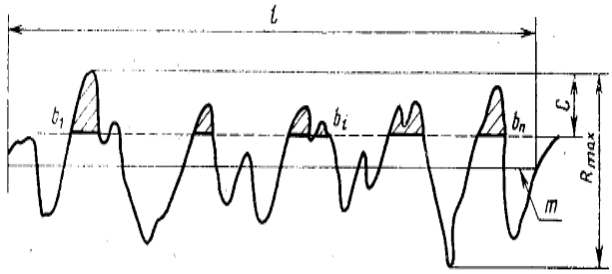
Таблица 1

Параметры шероховатости поверхности

№ п/п	Наименование параметра шероховатости	Условн. обозна-чение	Определение
1	Номинальная поверхность		Поверхность, заданная в технической документации без учета допускаемых отклонений.
2	Базовая линия (поверхность)		Линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности.
3	Нормальное сечение		Сечение, перпендикулярное базовой поверхности.
4	Базовая длина	***l***	Длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности. 
5	Средняя линия профиля	***m***	Базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, чтобы в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным. 
6	Выступ профиля		Часть реального профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела. 

7	Впадина профиля		Линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.
8	Линия выступов профиля		Линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины. 
9	Линия впадин профиля		Линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины. 
10	Неровность профиля		Выступ профиля и сопряженная с ним впадина профиля.
11	Направление неровностей поверхности		Условный рисунок, образованный нормальными проекциями экстремальных точек неровностей поверхности на среднюю поверхность.
12	Шероховатость поверхности		Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины.
13	Шаг неровностей профиля		Отрезок средней линии профиля, содержащий неровность профиля. 
14	Шаг местных выступов профиля		Длина отрезка средней линии между проекциями на нее двух наивысших точек соседних местных выступов профиля.
15	Средний шаг неровностей профиля	***Sm***	Среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

16	Средний шаг местных выступов профиля	***S***	Среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины. 
17	Высота неровностей профиля по десяти точкам	***Rz***	Сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины: $$Rz = \frac{\sum_{i=1}^{5}[Ypi] + \sum_{i=1}^{5}[Yvi]}{5},$$ где *ypi* – высота i-го наибольшего выступа профиля; *yvi* – глубина i-й наибольшей впадины профиля. 
18	Наибольшая высота профиля	***Rmax***	Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины. 

19	Отклонение профиля	***y***	Расстояние между любой точкой профиля и средней линией. 
20	Среднее арифметическое отклонение профиля	***Ra***	Среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины: $$Ra = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\lvert yi \rvert,$$ *n* – число выбранных точек профиля на базовой длине.
21	Опорная длина профиля	ηp	Сумма длин отрезкой в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии $$\eta p = \sum_{i=1}^{n} bi,$$ 
22	Относительная опорная длина профиля	tp	Отношение опорной длины профиля к базовой длине $tp = \frac{\eta p}{l}100\%$
23	Уровень сечения профиля	***p***	Расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль и эквидистантной линии выступов профиля.

Параметры шероховатости (ГОСТ 2789-73) (один или несколько) выбираются из приведенной номенклатуры:

Ra - среднее арифметическое отклонение профиля;

Rz - высота неровностей профиля по десяти точкам;

Rmax - наибольшая высота профиля;

Sm - средний шаг неровностей;

S - средний шаг местных выступов профиля;

tp - относительная опорная длина профиля, где *p* - значение уровня сечения профиля.

Числовые значения уровня сечения профиля *p* выбираются из ряда:

5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90%

от Rmax. Числовые значения базовой длины *l* выбираются из ряда:

0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Соотношение параметров шероховатости с базовой длиной представлено в таблице 2.

Таблица 2

Соотношение значений параметров R_a, R_z, R_{max} и базовой длины *l* по ГОСТ 2789-73

R_a, мкм	$R_z = R_{max}$, мкм	*l*, мм
менее 0,025	менее 0,10	0,08
0,025…0,4	0,10…1,6	0,25
0,4…3,2	1,6…12,5	0,8
3,2…12,5	12,5…50	2,5
12,5…100	50…400	8,0

При нормировании шероховатости предпочтительным является параметр R_a, который более информативно, чем R_z и R_{max}, характеризует неровности профиля, поскольку определяется по всем точкам профиля.

Параметры R_z и R_{max}, нормируют в тех случаях, когда по функциональным требованиям необходимо ограничить полную высоту неровностей профиля, а также когда прямой контроль параметра с помощью профилометров или образцов сравнения не представляется возможным, например для поверхностей, имеющих малые размеры или сложную конфигурацию (режущие кромки инструментов, детали часов и др.).

Для ответственных поверхностей проводится нормирование не только высотных параметров, но и шаговых S_m, S и параметра t_p, так как они обеспечивают некоторые их функциональные свойства (таблица 3).

Параметр t_p содержит наибольшую информацию о высотных свойствах профиля (комплексно характеризует высоту и форму неровностей профиля) и позволяет судить о фактической площади контакта при контактировании поверхностей на заданном уровне сечения p.

Таблица 3

Эксплуатационные свойства поверхности и обеспечивающая их номенклатура параметров шероховатости

Эксплуатационное свойство поверхности	Параметры шероховатости поверхности и характеристики, определяющие эксплуатационное свойство
Износоустойчивость при всех видах трения	R_a (R_z), направление неровностей (приложение 2)
Виброустойчивость	R_a (R_z), S_m, S, направление неровностей (приложение 2)
Контактная жесткость	R_a (R_z), t_p
Прочность соединения	R_a (R_z)
Прочность конструкции при циклических нагрузках	R_{max}, S_m, S, направление неровностей (приложение 2)
Герметичность соединений	R_a (R_z), R_{max}, t_p

В дополнение к количественным параметрам в некоторых случаях целесообразно нормировать направление неровностей (приложение 2), например, в связи с направлением относительного перемещения трущихся сопряжённых поверхностей или струи жидкости и газа относительно поверхности, а также для обеспечения необходимой виброустойчивости и прочности при циклических нагрузках.

При необходимости конструктором устанавливается также способ или последовательность способов получения (обработки) поверхности, если они являются единственными для обеспечения её заданного качества.

При назначении параметров шероховатости поверхностей следует проверить возможность их достижения в связи с рациональными методами обработки детали. Как правило, следует применять наибольшую шероховатость, допускаемую конструкторскими требованиями. В противном случае может значительно увеличиться стоимость обработки, что может быть компенсировано лишь повышением качества изделия. В некоторых же случаях повышение требований к шероховатости может оказаться не только не рентабельным, но и недопустимым. Например, при слишком гладких сопрягаемых поверхностях может возникнуть явление «схватывание», при котором частицы металла отрываются от поверхностного слоя трущихся поверхностей. Для таких поверхностей следует нормировать оптимальную исходную шероховатость, которая должна быть близкой к получаемой в процессе приработки.

Обычно обработать отверстие труднее, чем вал. Это часто учитывается назначением различной шероховатости поверхности сопрягаемых деталей. У отверстий шероховатость несколько выше.

Правильное решение, принимаемое при выборе параметров шероховатости поверхности деталей, а также при выборе методов обработки, обеспечивающих получение поверхностей с заданной шероховатостью, оказывает серьёзное влияние на качество конструкции, её технологичность и позволяет установить наиболее экономичные методы изготовления деталей (приложение 1).

Для обеспечения условий взаимозаменяемости назначение шероховатости сопряжённых поверхностей может производиться в зависимости от точности сопряжения (выбранной посадки) и точности обработки (выбранного квалитета).

2. Способы измерения шероховатости поверхности

Существует ряд способов контроля шероховатости обработанной поверхности.

2.1. Сравнительный бесконтактный метод

Способ основан на сравнении измеряемой поверхности с образцами шероховатости, регламентированными ГОСТ 9378-93. Стандарт распространяется на образцы шероховатости поверхности, предназначенные для сравнения визуально и на ощупь с поверхностями изделий, полученными обработкой резанием, полированием, электроэрозионной, дробеструйной и пескоструйной обработкой.

Образцы шероховатости комплектуются наборами (образцы для шлифования, точения и расточки, фрезерования, строгания, электроэрозионной обработки, дробеструйной и пескоструйной обработки и полирования). К каждому набору образцов прилагают паспорт, содержащий перечень образцов, входящих в набор, воспроизводимые способы обработки и значения параметров шероховатости.

Этот метод является простым и доступным, обеспечивает достоверность контроля при $R_a > 1,25$ и широко применяется в цеховых условиях. Для повышения точности оценки используют сравнительные микроскопы, в которых ставят рядом образец и контролируемую деталь.

Вместо образцов шероховатости могут быть применены аттестованные образцовые детали. Этот метод применяется в единичном производстве деталей.

2.2. Бесконтактный оптический метод

Оптический метод представляет собой измерение параметров шероховатости бесконтактными оптическими приборами, действие которых основано на принципе одновременного преобразования профиля поверхности, предназначенные для измерения параметров R_{max}, R_z, S. Согласно ГОСТ9847-79 применяются следующие типы оптических приборов: ПТС - прибор теневого сечения, ПСС – прибор светового сечения (например, прибор МИС-11 системы В. П. Линника), МИИ –

микроскоп интерференционный измерительный, действие которого основано на двулучевой интерференции света (например, МИИ-4, МИИ-5, МИИ-10), МПИ – микроскоп-профилометр интерференционный, действие которого основано на интерференции света с образованием полос равного хроматического порядка. Диапазон измерений параметров шероховатости приборами должен соответствовать пределам измерений, представленным в таблице 4.

Таблица 4

Диапазон измерений параметров шероховатости

Тип прибора	Параметр шероховатости	Пределы измерений
ПТС	R_z, R_{max}	40...320 мкм
	S	0,2...1,6 мм
ПСС	R_z, R_{max}	0,5...40 мкм
	S	0,002...0,5 мм
МИИ	R_z, R_{max}	0,05...0,8 мкм
	S	0,002...0,05 мм
МПИ	R_z, R_{max}	0,05...0,8 мкм

Метод светового сечения заключается в следующем: пучок световых лучей, поступающих от источника света через узкую щель 3 (рисунок 2, а) шириной около 0,1 мм, направляется объективом 2 под углом α на контролируемую поверхность 1. Отражаясь от этой поверхности, лучи через объектив 5 переносят изображение щели в плоскость фокуса окуляра 6. Если контролируемая поверхность является идеально ровной, то в окуляре щель будет иметь вид светящейся прямой линии (обычно зеленого цвета). Если на поверхности имеется канавка, то в плоскости окуляра наблюдается искривленная светящаяся линия (рисунок 2,б). При глубине канавки, равной H, ее световое сечение $b=H/\sin\alpha$, размер же светового сечения канавки в плоскости объектива $b_1 = bV_x$, где V_x - увеличение объектива микроскопа.

Измерение b_1 осуществляется с помощью окулярного микрометра, перекрестие которого перемещается на угол $\beta=45°$ и при этом оценивается b_2. Если пучок световых лучей направить на контрольную поверхность под углом $\alpha=45°$, то $b_2 = b_1/\sin\beta = H/(\sin\alpha \times \sin\beta) \times V_x$, откуда $H = b_2/(2V_x)$.

Если на расстоянии 0,1 мм от контролируемой поверхности установить линейку 4 со скошенным ребром, то последнее срежет часть пучка света, и на контролируемой поверхности будет видна тень, отбрасываемая линейкой.

Верхний край тени, являющийся как бы лезвием ножа, отражает профиль изучаемой поверхности, который и рассматривают в микроскоп (метод теневого сечения).

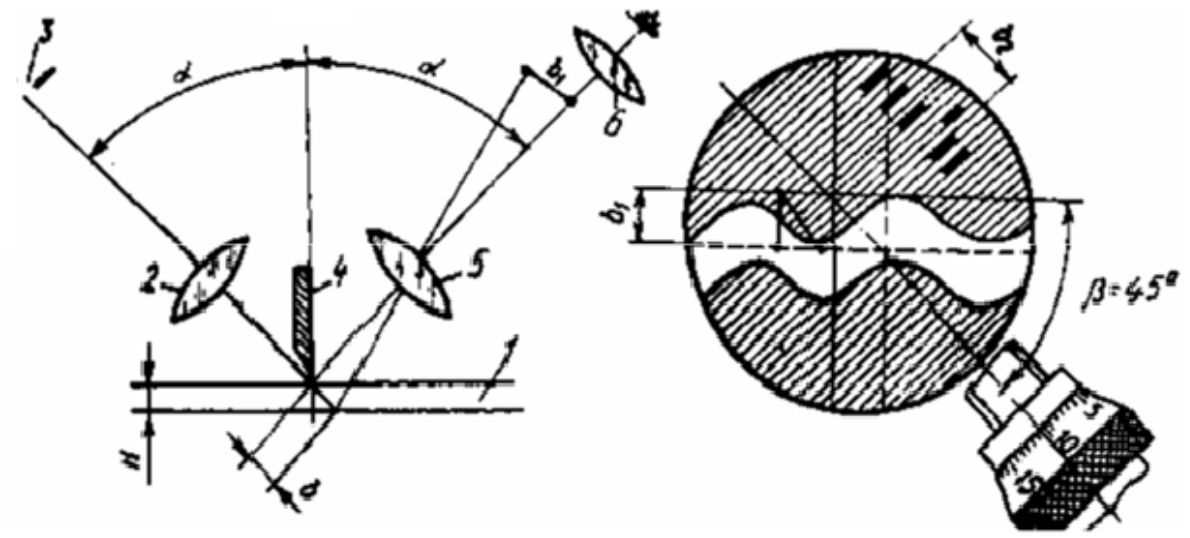


Рисунок 2. Схема для определения шероховатости методом светового сечения

По принципу светового сечения работают двойной микроскоп МИС-11 и прибор ПСС-2, по принципу теневого сечения – прибор ПТС-1. Прибор ПТС-1 является накладным, что позволяет контролировать детали без снятия их со станка.

Микроинтерференционный метод реализуется с помощью приборов МИИ-4, МИИ-5, МИИ-9, МИИ-10, МИИ-15. Принцип устройства микроинтерферометра В. П. Линника – сочетание интерферометра Майкельсона с измерительным микроскопом, что позволяет видеть в поле зрения микроскопа увеличенное в нужное число раз изображение интерференционной картины и измерять координатным методом вырисовывающиеся неровности с помощью обычного винтового окулярного микрометра. В местах выступов и впадин на исследуемой поверхности интерференционные полосы искривляются. Степень искривления полос и характеризует неровность поверхности.

На рисунке 3 приведена интерферограмма поверхности, сфотографированная на МИИ.

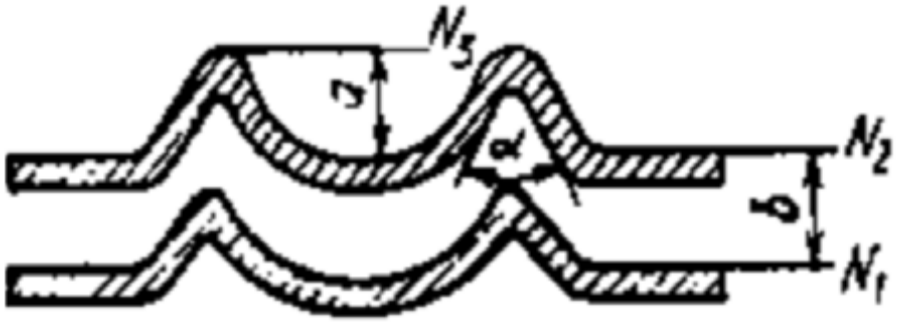


Рисунок 3. Схема искривления интерференционных полос

Каждая интерференционная полоса на ней представляет собой изображение полосы профиля поверхности. Высоты микронеровностей (мкм) определяют путем измерения искривления интерференционной полосы a по отношению к интервалу полос b: $R=a/b\ \lambda/2=0{,}275a/b$ (λ - длина световой волны; наиболее часто λ=0,55 мкм).

В тех случаях, когда необходимо определить и шаг неровностей, его подсчитывают по формуле $S=2a\ tg\ (\alpha/2)$, где α - угол профиля, измеряемый при помощи окулярного микровинта.

2.3. Контактный (щуповой) метод

Большое распространение для определения параметров шероховатости поверхности контактным методом получили щуповые приборы, работающие по методу ощупывания поверхности алмазной иглой. Ось иглы располагают по нормали к поверхности. Опускаясь во впадины, а затем поднимаясь на выступы во время движения ощупывающей головки по испытуемой поверхности, игла колеблется относительно головки соответственно огибаемому профилю. Механические колебания иглы преобразуются, как правило, в электрические при помощи электромеханического преобразователя того или иного типа. Снятый с преобразователя полезный сигнал усиливают, а затем измеряют его параметры, характеризующие неровности исследуемой поверхности (профилометрирование), или записывают параметры профиля поверхности в заранее выбранных вертикальном и горизонтальном масштабах (профилографирование).

Щуповые электромеханические приборы, предназначенные для измерений параметров шероховатости поверхности, называют профилометрами, а такие же приборы для записи неровностей поверхности – профилографами. Профилографы-профилометры позволяют не только записывать профиль поверхности, но и измерять параметры шероховатости.

В щуповых приборах для измерения параметров шероховатости поверхности применяются индукционные, индуктивные, электронные и пьезоэлектрические преобразователи механических колебаний иглы в электрические сигналы.

Отечественной промышленностью выпускаются профилографы-профилометры модели 201, 250, 252, 170311, профилометры модели 130, 253, 280, 296, 170621, 170622 и пр.

2.4. Измерение шероховатости методом слепков

При оценке шероховатости поверхностей сложной формы и в случае трудного доступа к исследуемой поверхности применяют так называемый метод слепков, заключающийся в снятии копий поверхностей для последующего измерения по ним высоты неровностей. Специально

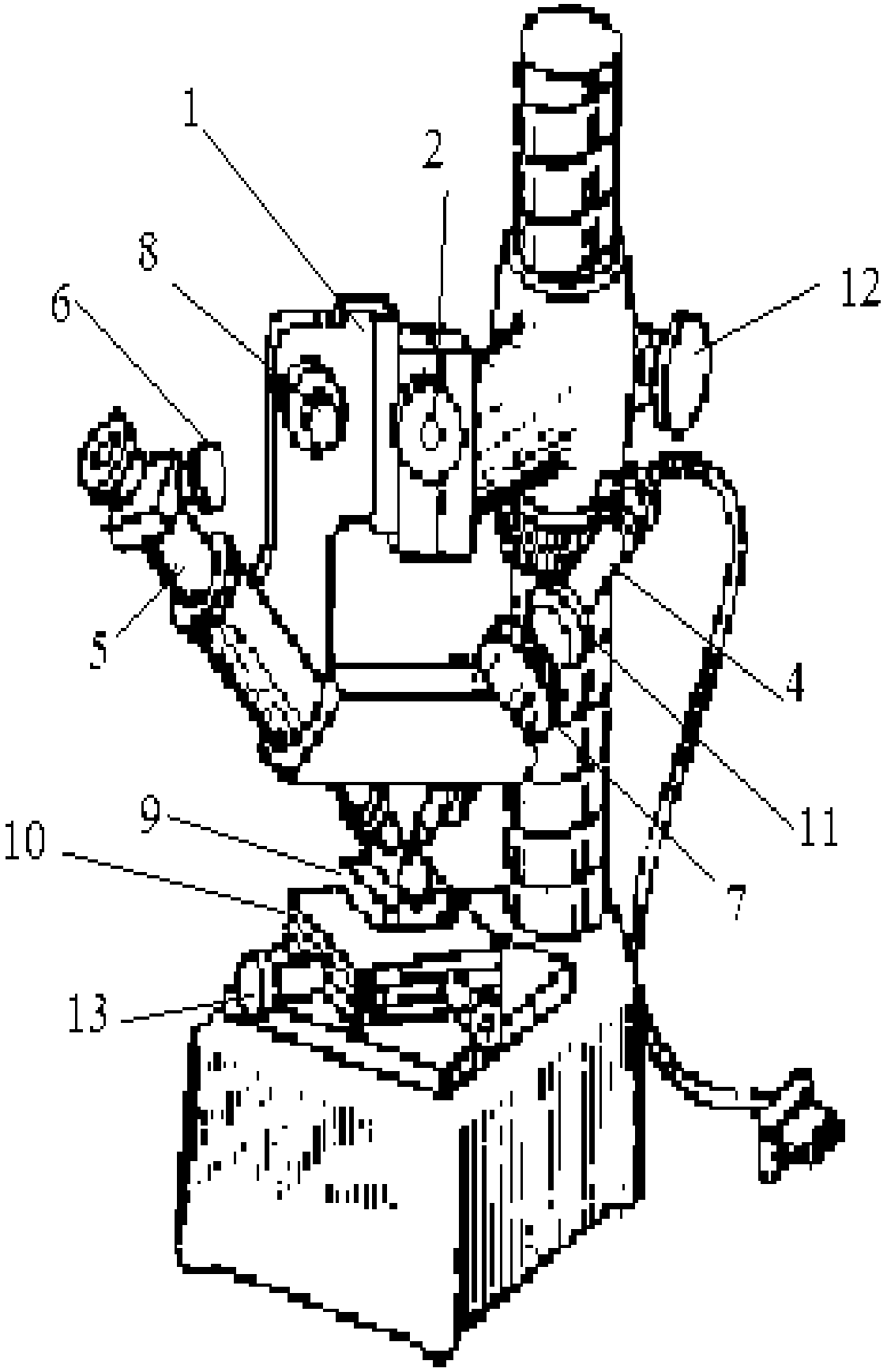


Рис.4. Микроскоп МИС-11

подготовленную массу будущего слепка с силой прикладывают к измеряемой поверхности. В качестве материала для изготовления слепков применяют целлулоид, легкоплавкие сплавы, воск, парафин, гипс-хромпик и пр. После застывания масса отделяется от поверхности и получается слепок, зеркально повторяющий неровности измеряемой поверхности. Для измерения шероховатости поверхности слепка, характеризующего шероховатость измеряемой поверхности, применяются преимущественно бесконтактные методы.

3. Методика измерения шероховатости на микроскопе МИС-11

Микроскоп МИС-11 предназначен для измерения шероховатости поверхности в пределах 0,8 – 40 микрометров (рис.4).

Микроскоп МИС-11 состоит из массивного основания со стойкой, на которой находится кронштейн 1 с двумя тубусами: осветительным 4 и наблюдательным 5. В тубусе 4 имеется прямолинейная щель, освещаемая источником света. Изображение щели на поверхности детали 9 рассматривается при помощи тубуса 5, снабженного окулярным микрометром 6. Для установки и перемещения измеряемой детали прибор имеет стол 10, который может перемещаться вокруг оси и в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Для измерения деталь устанавливают на столик 9 так, чтобы следы от обработки были расположены перпендикулярно изображению щели. Далее следует отфокусировать наблюдательный тубус так, чтобы резко была видна измеряемая поверхность детали. Затем, покачивая осветительный тубус винтом 7 или перемещая его гайкой 11, следует добиться, чтобы изображение щели стало резким. Одну из линий окулярного микрометра устанавливают параллельно изображению щели. В этом положении окулярный микрометр 6 закрепляют винтом на тубусе 5.
Для определения величины неровностей поверхности детали измеряют расстояние от горизонтальной линии 00, установленной параллельно и чуть выше изображения щели, до наиболее выступающих пяти вершин и наиболее удаленных пяти впадин, находящихся в поле зрения наблюдательного тубуса (рис.5). При этих положениях горизонтальной линии на вершине или во впадине определяются отсчеты на барабане окулярного микрометра. Таким же образом выполняют измерение шероховатости детали на 3-4 других участках измеряемой поверхности.

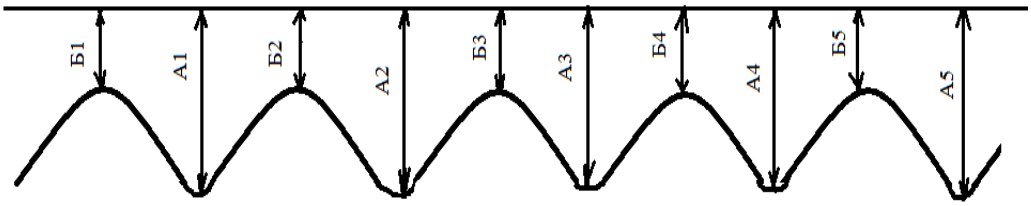


Рис.5. Схема измерения параметра R_z

4. Требования безопасности проведения эксперимента

1.Прежде, чем пользоваться прибором, изучите принцип действия и конструкции микроскопа МИС-11.
2.Перед работой проверьте заземление микроскопа.
3.Не включайте вилку электропитания прибора в сеть без разрешения преподавателя или лаборанта.
4.О выявленных неисправностях микроскопа немедленно сообщите преподавателю или лаборанту.
5.Во время работы быть внимательным и осторожным в обращении с микроскопом.
6.При выполнении лабораторной работы группой студентов работать на микроскопе должен только один студент.
7.Категорически запрещается трогать приборы, не относящиеся к выполняемой работе, без разрешения преподавателя.

5. Порядок выполнения работы

1.Установить измеряемую деталь на столик микроскопа.
2.Подготовить микроскоп к измерению согласно описанию методике измерения.
3.Вычертить схему измерения шероховатости поверхности.
4.Измерить неровности поверхности на 3-4 участках детали.
5.Занести результаты отсчетов положений вершин и впадин по барабану окулярного микрометра в таблицу.

6. Обработка результатов эксперимента

Величина шероховатости поверхности определяется как среднее арифметическое из пяти разностей отсчетов по вершинам и впадинам профиля поверхности детали, умноженное на цену деления, величина которой определяется увеличением объективов наблюдательного тубуса и окулярного микроскопа:

$$Rz = \frac{(A_1 - Б_1) + (A_2 - Б_2) + (A_3 - Б_3) + (A_4 - Б_4) + (A_5 - Б_5)}{5} E,$$

где E – цена деления, мкм.

7. Содержание и оформление отчета по работе.

Отчет по лабораторной работе должен включать:
1. Название лабораторной работы.
2. Формулировку цели работы.

3. Следующие основные понятия:
   -параметры шероховатости поверхности;
   -формулы для определения параметров шероховатости;
   -определение шероховатости и базовой длины.
4. Схему измерения шероховатости.
5. Таблицу с результатами измерения и вычислений (табл. 5).

Таблица 5

Результаты измерения и вычислений

№ п/п	Отсчет по вершине	Отсчет по впадине	Разность отсчетов	Цена деления	Величина шероховатости
1	$Б_1$	$А_1$		0,5 мкм	
2	$Б_2$	$А_2$			
3	$Б_3$	$А_3$			
4	$Б_4$	$А_4$			
5	$А_5$	$Б_5$			

8. Вопросы для самоконтроля

1. Определение шероховатости поверхности.
2. Параметры для нормирования шероховатости поверхности .
3. Определение параметров R_a и R_z. Случаи нормирования этими параметрами.
4. Выбор параметров нормирования шероховатости поверхности для характеристики эксплуатационных свойств поверхности.
5. Какие способы существуют для измерения шероховатости?
7. Опишите принцип действия микроскопа МИС-11.

Литература

1. .Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. /В. И. Анурьев – М.: Машиностроение, 1979. - 728 с.
2. Аристов А. И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие / Аристов А. И., Приходько В. М., Сергеев И. Д., Фатюхин Д. С. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 256 с.
3. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения /А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов – М.: Машиностроение, 1987. - 352 с.
4. ГОСТ 25142-82 «Термины и определения основных понятий по шероховатости»

Интернет-ресурсы

1. http://www.twirpx.com/files/machineri/metrology/ (Интернет-библиотека по различным отраслям знаний)
2. http://metrologyia.ru/ (информационный сайт по метрологии)

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Шероховатость поверхности при механических методах обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки		Параметры шероховатости												
			Rz					Ra							Rz
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,100
Наружные цилиндрические	Обтачивание	Предвар													
		Чистов													
		Тонкое													
	Шлифование	Предвар													
		Чистов													
		Тонкое													
	Притирка	Груб													
		Сред													
		Тонк													

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (продолжение)

Шероховатость поверхности при механических методах обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки		Параметры шероховатости												
			Rz					Ra							Rz
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,100
Наружные цилиндрические	Отделка абразив. полотном									■	■	■	■		
	Обкатка роликом										■	■	■		
	Шлиф-е Супер-финиш-е											■	■	■	■
Внутренние цилиндрические	Растачивание	Предвар	■	■	■	■									
		Чистов				■	■	■	■						
		Тонкое							■	■	■				
	Сверление				■	■	■								
	Зенкерование	Черновпо корке			■	■	■								
		Чистов				■	■	■	■						

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (продолжение)

Шероховатость поверхности при механических методах обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки		Параметры шероховатости												
			Rz					Ra							Rz
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,100
Внутренние цилиндрические	Развертывание	Нормал.													
		Точное													
		Тонкое													
	Протягивание														
	Внутр. шлиф.	Предв													
		Чистов													
	Калибрование шариком														
	Притирка	Груб													
		Средн													
		Тонк													

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (продолжение)

Шероховатость поверхности при механических методах обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки		Параметры шероховатости												
			Rz					Ra							Rz
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,100
Внутренние цилиндрические	Шлифование притирка хонингование	Нормал.													
		Зеркальное													
Плоскости	Строгание	Предв													
		Чистов													
		Тонкое													
	Цилиндрическое фрезерование	Предвар.													
		Чистовое													
		Тонкое													

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (продолжение)

Шероховатость поверхности при механических методах обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки		Параметры шероховатости												
			Rz					Ra							Rz
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,100
Плоскости	Торцовое фрезерование	Предвар.													
		Чистов.													
		Тонкое													
	Торцовое точение	Предвар.													
		Чистов													
		Тонкое													
	Плоское шлифование	Предвар.													
		Чистов.													

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (продолжение)

Шероховатость поверхности при механических методах обработки

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки		Параметры шероховатости												
			Rz					Ra							Rz
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,100
Плоскости	Притирка	Грубая													
		Средняя													
		Тонкая													

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Тип направления неровностей

Тип направления неровностей	Схематичное изображение	Обозначение	Пояснение
Параллельное			Параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перпендикулярное			Перпендикулярно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перекрещивающееся			Перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Произвольное		M	Различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Кругообразное		C	Приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования
Радиальное		R	Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения о шероховатости поверхности 3
2. Способы измерения шероховатости поверхности 10
2.1. Сравнительный бесконтактный метод 10
2.2. Бесконтактный оптический метод 10
2.3. Контактный (щуповой) метод 13
2.4. Измерение шероховатости методом слепков 13
3. Методика измерения шероховатости на микроскопе МИС-11 15
4. Требования безопасности проведения эксперимента 16
5. Порядок выполнения работы 16
6. Обработка результатов эксперимента 16
7. Содержание и оформление отчета по работе 16
8. Вопросы для самоконтроля 17
Литература 18
Приложение 1. Шероховатость поверхности при механических методах обработки 19
Приложение 2. Типы направления неровностей 25