

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

Кафедра «Метрология и стандартизация»

**НОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ
ПОВЕРХНОСТЕЙ**

**Методическое руководство к выполнению
лабораторной работы для студентов всех специальностей**

БИШКЕК – 2011

«Рассмотрено»
на заседании кафедры
«Метрология и стандартизация»
Протокол № 8 от 15.03.2011 г.

«Одобрено»
Методической комиссией
ФТМ
Протокол № 7 от 25.03.2011 г.

Составители: ст. преп. ШАЛАБАЙ Т.Л., МЫРЗАЛИЕВА Н.О.

Нормирование шероховатости поверхности. Методическое руководство к выполнению лабораторной работы для студентов всех специальностей / КГТУ им. И.Раззакова; сост.: Т.Л.Шалабай, Н.О.Мырзалиева. – Б.: ИЦ «Текник», 2011 – 23 с.

Излагаются основные теоретические положения, методика проведения работы, формы отчета.

Предназначено для студентов специальности «Метрология, стандартизация и сертификация», а также студентов других специальностей, изучающих вопросы метрологии.

Рецензент ст.препод. Абдираимов А.А.

Нормирование шероховатости поверхности
Методическое руководство к выполнению лабораторной работы
для студентов всех специальностей
Составители: *Шалабай Т.Л., Мырзалиева Н.О.*

Тех. редактор *Субанбердиева Н.Е.*

Подписано к печати 11.05.2011 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,5 п.л. Тираж 40 экз. Заказ 181. Цена 29 сом.
Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43
e-mail: beknur@mail.ru

Цель работы

1. Изучение шероховатости поверхностей и ее влияние на качество деталей
2. Изучение принципов нормирования шероховатости поверхности
3. Знакомство с принципами выбора параметров шероховатости для простановки их в технических требованиях на чертежах деталей.
4. Изучение правил обозначения требований к шероховатости поверхностей на чертежах по межгосударственному стандарту.
5. Изучение методов контроля шероховатости

Материальное оснащение

1. Данное методическое руководство.
2. Профилограммы поверхности детали
3. Профилограф-профилометр
4. Чертежи деталей
5. ГОСТы, нормативно-техническая документация

1. Шероховатость поверхностей и ее влияние на качество деталей

Эксплуатационные свойства поверхностей металлических деталей в решающей степени определяются их качеством. Под качеством поверхности понимают совокупность геометрических параметров и физико-механических свойств поверхностного слоя.

К основным физико-механическим свойствам поверхностного слоя относятся: наклеп (некоторое повышение твердости), а также характер и величина остаточных напряжений (растяжения или сжатия).

Геометрические показатели понятия «качество поверхности» определяются шероховатостью реальной поверхности.

Реальная поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды, в отличие от номинальной, геометрически правильной и гладкой имеет погрешности различного порядка.

Различают следующие отклонения от номинальной поверхности: макрогеометрические, волнистость и микрогеометрические.

Макрогеометрические отклонения – характеризуются большим отношением протяженности поверхности L к величине отклонения h .

$$\frac{L}{h} \geq 1000$$

Макрогеометрические отклонения характеризуют отклонения от правильной геометрической формы – овальность, конусообразность и другие.

Волнистость поверхности представляет собой совокупность периодически чередующихся возвышений и впадин с отношением шага волны

$$\frac{L_w}{h_w} = 50 \dots 1000$$

Волнистость поверхности занимает промежуточное положение между макрогеометрическими отклонениями (погрешностями формы) и микрогеометрическими отклонениями (шероховатостью поверхности)

Микрогеометрические отклонения, или микронеровности определяют шероховатость обработанной поверхности. Микрогеометрические отклонения характеризуются небольшим значением отношения шага микронеровностей S к их высоте h .

$$\frac{S}{h} < 50$$

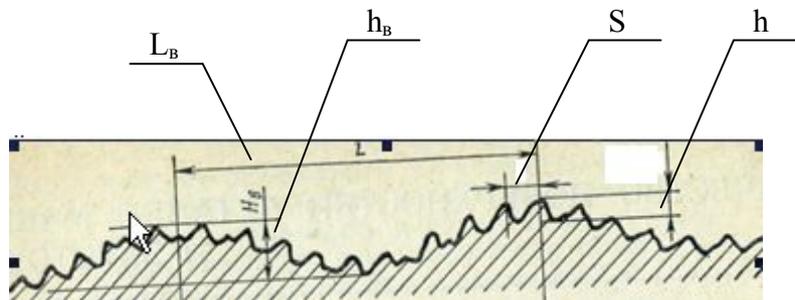


Рис.1. Волнистость (L_B, h_B) и шероховатость (S, h)

Таким образом, шероховатость поверхности относится к категории микрогеометрии, т. е. рассматривает отклонения реальных поверхностей от номинально гладких на небольших участках до нескольких квадратных миллиметров. Реальная поверхность состоит из чередующихся ориентированных или беспорядочно расположенных небольших выступов и впадин, получающихся при механической обработке вследствие копирования формы режущих кромок, пластической деформации поверхностного слоя материала под воздействием усилий от обрабатывающего инструмента, трения его о деталь, вибраций инструмента и т. п. Зная влияние технологических факторов на шероховатость поверхности, можно назначить условия обработки, обеспечивающие достижение заданной шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхностей влияет на эксплуатационные показатели работы деталей, тем самым определяя их качество.

1.1. Влияние шероховатости на трение и износ в подвижных соединениях

В подвижных посадках шероховатость приводит к преждевременному **износу** поверхностей, так как при работе деталей металлические гребешки стираются, смешиваются с маслом и ускоряют процесс износа поверхностей. Трение и износ деталей связаны с высотой и формой неровностей поверхности и направлением штрихов обработки. В начальный период работы трущихся поверхностей их контакт происходит по вершинам неровностей, где возникают большие давления, а при взаимном перемещении поверхностей происходит срез, отламывание вершин неровностей, приводящие к интенсивному износу трущихся деталей и увеличению зазоров. Островеишнные микронеровности изнашиваются быстрее плосковершинных. Наименее выгодное направление неровностей у обеих трущихся деталей перпендикулярно направлению скольжения, при совпадении направления скольжения с направлением неровностей обеих деталей износ достигает минимума.

С течением времени высота и направление неровностей меняются, достигая некоторой оптимальной величины (этот период называется приработкой). Исследования показывают, что при оптимальной высоте неровностей начальный износ металла является наименьшим.

Увеличение высоты неровностей по сравнению с оптимальным значением повышает износ за счет возрастания механического зацепления, скалывания и среза неровностей поверхности.

Уменьшение высоты неровностей против оптимального значения приводит к резкому возрастанию износа в связи с возникновением молекулярного сцепления и заедания плотно соприкасающихся поверхностей повышенной гладкости, этому способствует выдавливание смазки и плохая смазываемость смазкой зеркально-чистых поверхностей.

Задачей конструктора, проектирующего новые машины, является назначение шероховатости, соответствующее оптимальному значению, при котором износ является наименьшим.

1.2. Влияние шероховатости на прочность соединений с натягом

Прочность соединений с натягом во многом зависит от шероховатости поверхностей. При запрессовке происходит сдвиг микронеровностей и фактический натяг уменьшается по сравнению с расчетным. При расчете посадок с натягом влияние высоты неровностей учитывается введением специальных поправок на смятие неровностей. При посадке с тепловым воздействием (охлаждением вала перед сборкой или нагревом отверстия) микронеровности не сдвигаются. Прочность таких соединений выше, чем при обычной запрессовке с тем же натягом.

1.3. Влияние шероховатости на другие эксплуатационные характеристики деталей

Шероховатость поверхности влияет на прочность деталей, работающих в условиях циклической и знакопеременной нагрузок. Впадины микропрофиля являются своеобразными надрезами на поверхности и влияют на концентрацию напряжений и образование усталостных трещин. Особенно вредно влияние рисков от режущего инструмента в местах концентрации напряжений (канавки, резкие переходы в сечениях). Дополнительная отделочная обработка поверхностей ответственных деталей (шатунных, коленчатых валов, дисков и роторов турбин) устраняет влияние дефектов предварительной обработки.

От качества поверхности зависит контактная жесткость стыков сопрягаемых деталей. Шероховатость и волнистость поверхностей уменьшают фактическую площадь контакта. Для повышения контактной жесткости уменьшают шероховатость, применяя различные методы отделочной обработки (шлифование, притирка и т.д.) и обеспечивают совпадение направления неровностей.

Коррозия в атмосферных условиях возникает легче распространяется быстрее на грубообработанных поверхностях.

Шероховатость поверхности влияет на условия смазки, трение, теплопроводность и герметичность стыков, отражательную и поглощающую способность поверхностей, сопротивление протеканию газов и жидкостей в трубопроводах, сопротивление кавитационному разрушению в гидравлических машинах и другие характеристики поверхностей и сопряжений.

Шероховатость также влияет на адгезионную способность к гальваническим и лакокрасочным покрытиям; на декоративные свойства и удобство содержания поверхностей в чистоте.

2. Нормирование шероховатости поверхностей

Терминология, нормирование шероховатости поверхности и правила обозначения ее на чертежах регламентируются следующими стандартами :

1. ГОСТ 25142-82 (СТ СЭВ 1156-78) Шероховатость поверхности. Термины и определения.
2. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.309-73 ЕСКД

Для количественной оценки шероховатости ГОСТ 2789-73 предусмотрено шесть параметров шероховатости – в том числе три высотных (Ra , Rz , $Rmax$), два шаговых (S , S_m) и относительная опорная длина профиля t_p .

Ra – среднее арифметическое отклонение профиля;

Rz – высота неровностей профиля по десяти точкам;

$Rmax$ – наибольшая высота профиля;

S_m – средний шаг неровностей;

S – средний шаг местных выступов профиля;

t_p – относительная опорная длина профиля, где p значение уровня сечения профиля.

Параметр Ra является предпочтительным.

Шероховатость поверхности - Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная, например, с помощью базовой длины.

Базовая длина l - Длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности. Ее протяженность при этом устанавливается такой величины, чтобы при измерении высотных параметров по возможности не накладывалось влияние волнистости поверхности (l_1, l_2, l_3, \dots на рис.2)

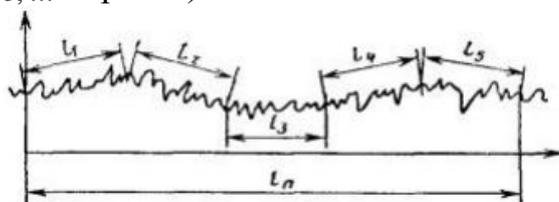


Рис.2. Базовая длина и длина оценки

Длина оценки L - Длина, на которой оцениваются значения параметров шероховатости. Она может содержать одну или несколько базовых длин (рис.2).

Представление о реальном профиле шероховатой поверхности дают профилограммы (рис.3, Рис.4 и т.д.), получаемые на различного типа профилографах в результате «ощупывания» исследуемой поверхности алмазной иглой либо путем фотографирования ее на специальном микроскопе. Следует иметь в виду, что изображение профиля на профилограммах получается несколько утрированным в связи с тем, что увеличение по вертикали (100 ... 200 000) всегда больше, чем по горизонтали (10 . . 10 000).

Средняя линия профиля – базовая линия, имеющая форму номинального профиля, и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально (рис.3).

Приближенно средняя линия на профилограммах определяется по равенству сумм площадей, заключенных по обе стороны между ней и линией контура профилограммы (рис.3).

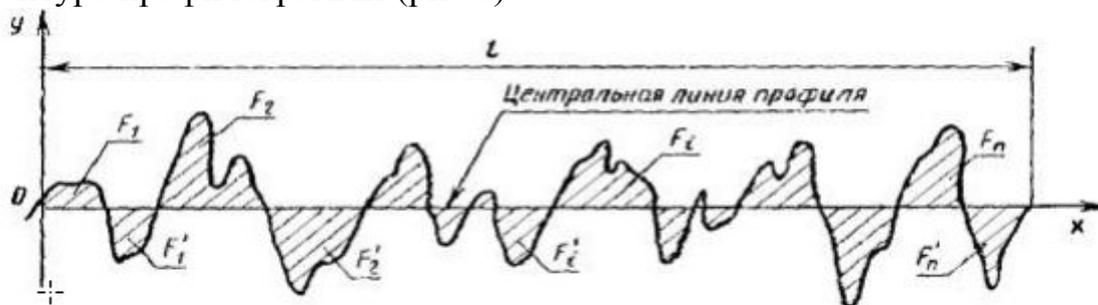


Рис.3.

$$\sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n F'_i$$

Средняя линия профиля служит базой для определения числовых значений параметров шероховатости поверхности. Такая система отсчета в международной практике носит название системы *средней линии*.

Определение высотных показателей

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (рис.4).

Линией выступов профиля проходит через наивысшую точку реального профиля, в пределах базовой длины. Линия впадин профиля проходит через наинизшую точку реального профиля в пределах той же базовой длины.

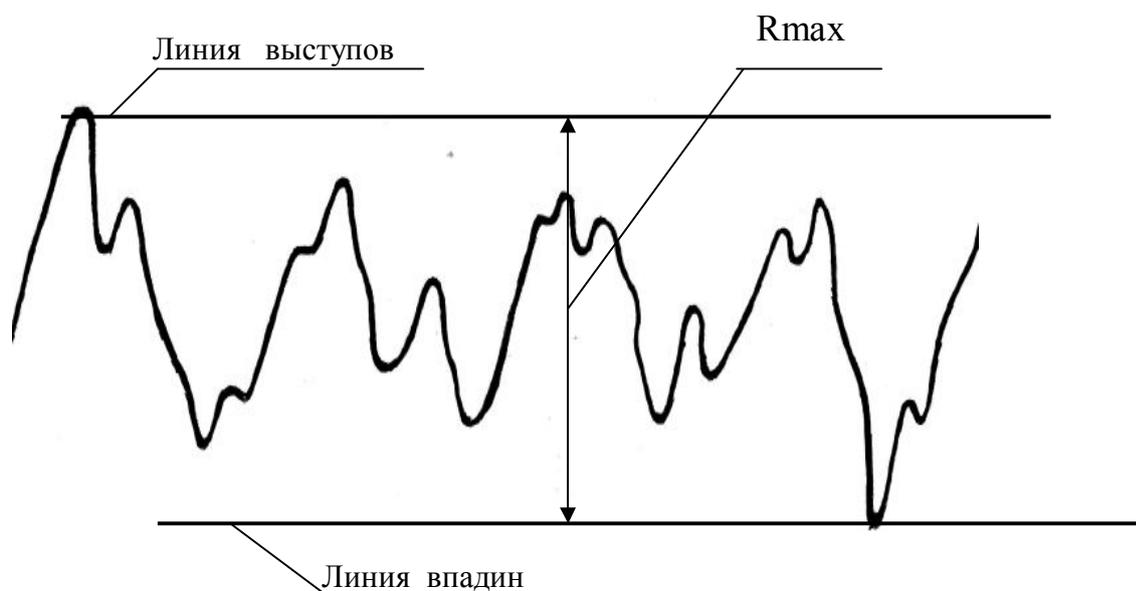


Рис.4 Определение параметра R_{max}

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra — среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля от средней линии в пределах базовой длины (рис.5):

$$Ra \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где y_i — i -ое отклонение профиля от средней линии

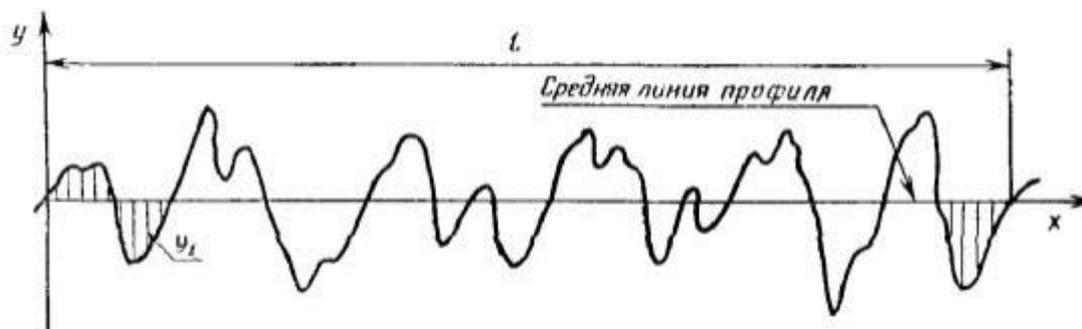


Рис.5. Определение параметра Ra

Средняя линия делится на n равных участков, проводятся ординаты y_i , которые суммируются по абсолютной величине и их сумма делится на число n — количество участков.

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 (рис.6):

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right),$$

где $H_{i \max}$ — высота i -го наибольшего выступа профиля ;

$H_{i \min}$ — глубина i -ой наибольшей впадины

Выступ профиля — это часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела (рис.7).

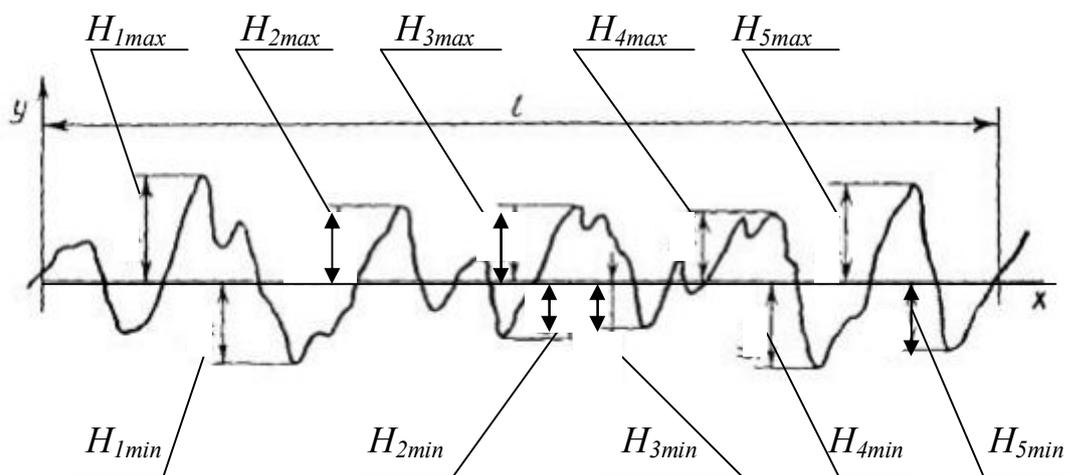


Рис.6. Определение Rz

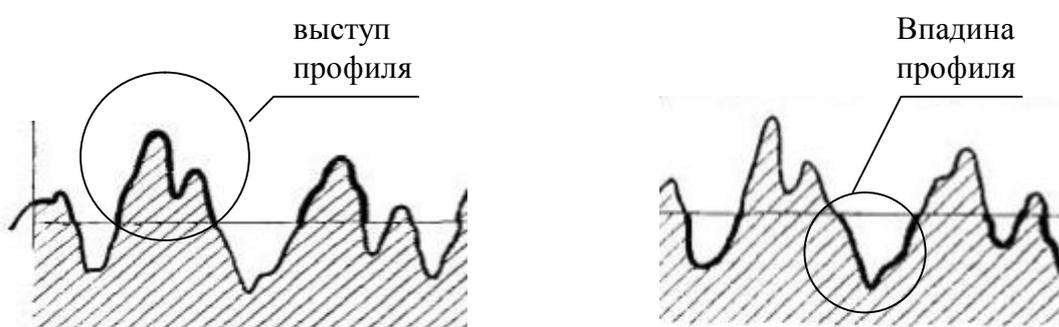


Рис.7. Выступы и впадины профиля

Впадина профиля – это часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная в тело (рис.7).

Определение шаговых показателей

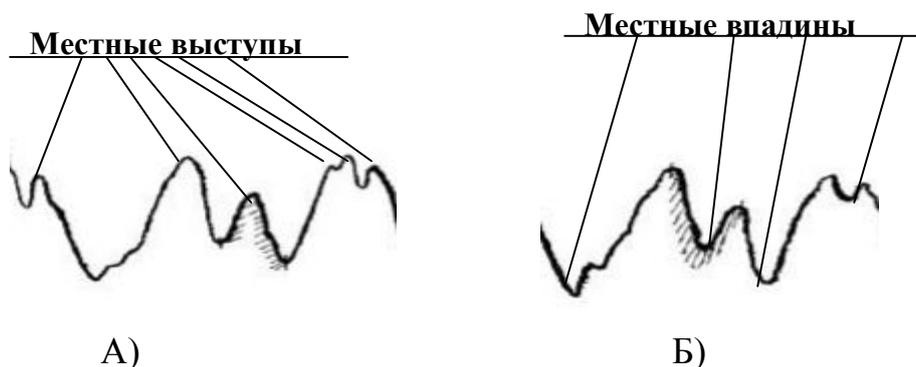


Рис.8. Местные выступы и впадины профиля

Местный выступ профиля – часть профиля, расположенная между двумя соседними минимумами профиля (рис.8 А).

Местная впадина профиля - часть профиля, расположенная между двумя соседними максимумами профиля (рис.8 Б).

Один выступ профиля может состоять из нескольких местных высту-

пов и местных впадин. Местные выступы рассматриваются при определении среднего шага местных выступов профиля S .

Средний шаг местных выступов профиля S — среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i ,$$

где n — число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины; S_i — шаг местных выступов профиля (рис.9)

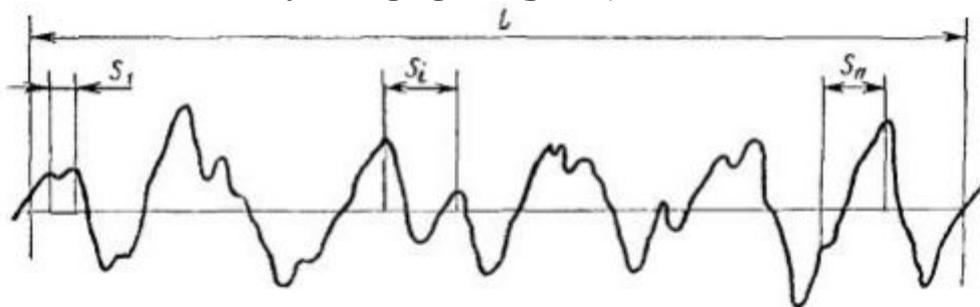


Рис.9. Шаги местных выступов профиля

Все шаги местных выступов в пределах базовой длины суммируются и их сумма делится на количество шагов.

Средний шаг неровностей профиля S_m — среднее значение шага неровностей профиля по средней линии в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} ,$$

где S_{mi} — шаг неровностей, равный длине отрезка средней линии между точками пересечения ее с одноименными сторонами соседних неровностей; n — число шагов в пределах базовой длины.

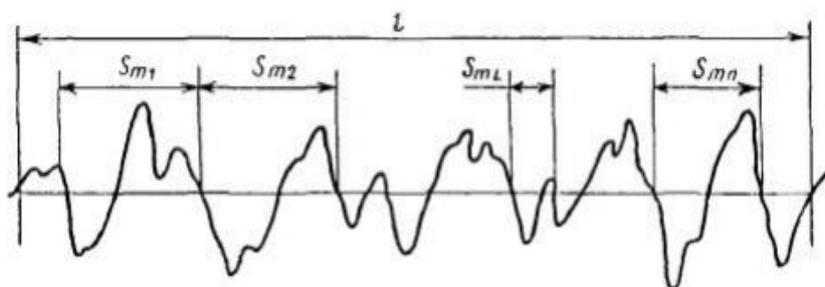


Рис.10. Шаг неровностей профиля

Числовые значения для рассмотренных параметров в таблицах ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения установлены для значений Ra — в пределах 100 ... 0,008 мкм, для значений Rz и $Rmax$ — в пределах 1600 ... 0,025 мкм, для значений S_m и S — в пределах 12,5 ... 0,002 мм.

Относительная опорная длина профиля t_p — отношение опорной длины профиля η_p к базовой длине:

$$t_p = \frac{\eta_p}{\ell} = \frac{1}{\ell} \sum_{i=1}^n b_i$$

где p — заданный уровень сечения (в процентах); b_i — значения отрезков, отсекаемых в пределах базовой длины на выступах профиля линией, эквидистантной средней линии и расположенной на заданном уровне сечения от линии выступов.; t_p выражают в процентах

Уровень сечения p выражают в процентах от наибольшей высоты неровностей профиля R_{max} :

$$p = \frac{P}{R_{max}} 100,$$

где P — расстояние в микрометрах между линией выступов заданным уровнем сечения профиля (рис.11).

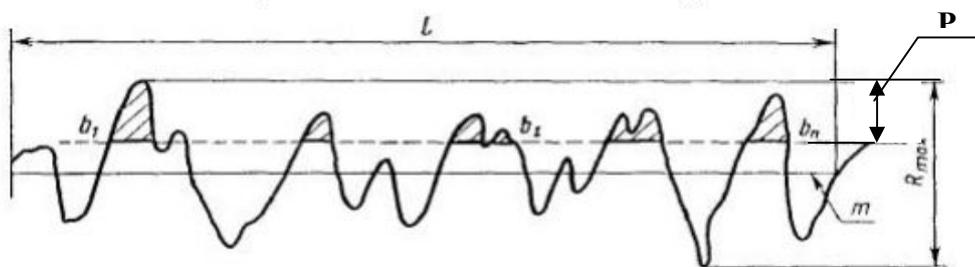


Рис.11.

Числовые значения t_p выбирают из ряда 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %. Значения p могут приниматься в зависимости от R_{max} из того же ряда, начиная с 5 %.

Величина t_p достаточно полно описывает форму неровностей профиля, что позволяет нормировать многие важнейшие эксплуатационные свойства поверхности, в частности, связанные с динамикой ее изнашивания.

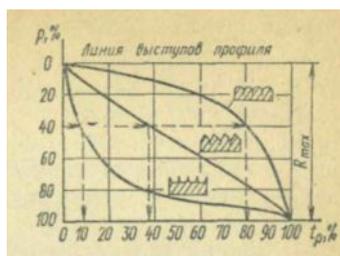


Рис.12.

На рис. 12 приведен примерный вид относительных опорных кривых для трех видов шероховатости поверхности с одинаковой наибольшей высотой неровностей. Чем острее вершины выступов неровностей, тем круче падает кривая, тем меньше, при прочих равных условиях, износостойкость такой поверхности (например, при $p = 40\%$ t_p соответственно равно 10, 38 и 80 %, (см. рис. 12).

ГОСТ 2789—73 предусматривает возможность задавать направление неровностей и указывать вид или порядок обработки.

3. Выбор параметров шероховатости

Требования к шероховатости поверхности деталей и выбор параметров для ее оценки должны быть обоснованными, их устанавливают из функционального назначения и конструктивных особенностей каждой отдельной поверхности и детали в целом. Например, для трущихся поверхностей ответственных деталей целесообразно регламентировать допустимые значения Ra (или Rz) и t_p , а также направление неровностей; для функционально важных поверхностей циклически нагруженных ответственных деталей — R_{max} , S_m (или S) и направление неровностей; для соединения- с натягом — только Ra или (Rz) (табл.1). Чем ниже точность данной поверхности, тем грубее можно задавать для нее параметры шероховатости (это экономичнее). Для ответственных поверхностей конструктор может не указывать шероховатость; в таком случае она не подлежит контролю. Иногда очень малая шероховатость на малоответственные и малоточные поверхности задается из соображений удобства обслуживания и эстетики.

Таблица 1

| Эксплуатационные свойства поверхностей | Параметры шероховатости поверхности, определяющие данное эксплуатационное свойство |
|---|--|
| Износоустойчивость при всех видах трения | Ra (или Rz), t_p |
| Виброустойчивость | Ra (или Rz), S_m , S |
| Контактная жесткость | Ra (или Rz), t_p |
| Прочность соединений | Ra (или Rz) |
| Прочность конструкций при циклических нагрузках | R_{max} , S_m , S |
| Герметичность соединений | Ra (или Rz), R_{max} , t_p |

Параметр Ra полнее характеризует шероховатость, так как его определяют по значительно большему числу граничных и промежуточных точек профиля, чем Rz . Использование Rz в качестве контрольного параметра определяется способами измерения параметров. Значение Ra преимущественно определяют с помощью приборов, снабженных датчиками с тонкой алмазной иглой с радиусом при вершине в 10, 5 или 2 мкм (например, профилографы-профилометры). Параметр Rz определяют бесконтактными методами, например, на специальных микроскопах (МИС-11, ПСС-2 и др.). Следовательно, определение Ra на грубых поверхностях связано с опасностью поломки алмазной иглы измерительного прибора, а на очень гладких — чревато низкой достоверностью результатов из-за того, что закругленный конец иглы не может фиксировать очень малые неровности.

Рекомендуется задавать Rz при значениях высоты неровностей 320 ... 10 и 0,1 ... 0,025 мкм. В остальных случаях задают значения Ra .

При расчетах ответственных подвижных и прессовых соединений необходимо учитывать высоту неровностей Rz , тогда как на чертежах в большинстве

случаев заданы значения Ra . В этих случаях при переходе от одного параметра к другому можно воспользоваться зависимостью

$$Rz = k Ra$$

где $k = 4$ при $Ra = 80 \dots 2,5$ мкм,

$k = 5$ при $Ra = 1,25 \dots 0,02$ мкм.

Некоторые специальные технологические методы окончательной обработки позволяют получать на поверхностях регулярный заранее заданный микро-рельеф из канавок или лунок определенной формы. Классификацию, параметры и характеристики таких поверхностей устанавливает ГОСТ 24773—81.

Зная влияние технологических факторов при обработке на шероховатость поверхности, можно назначить условия обработки, обеспечивающие достижение заданной чистоты поверхности.

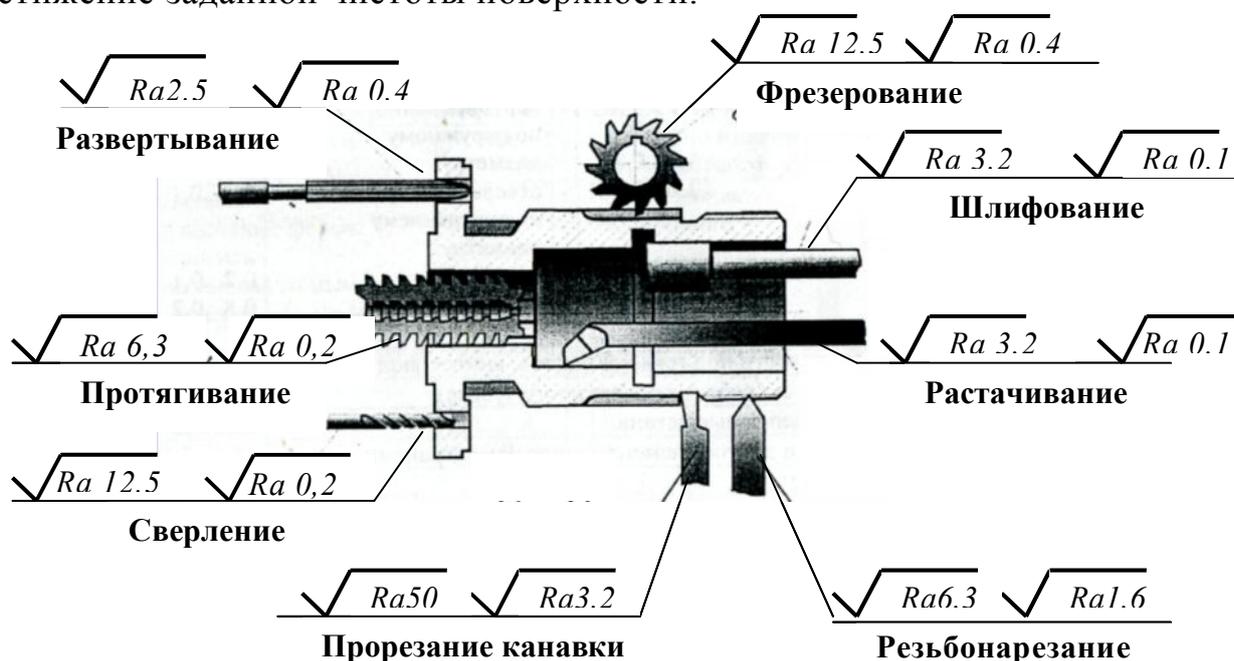


Рис. 13. Изменение шероховатости в зависимости от способов обработки

Таблица 2

| Вид обработки | Ra , мкм | | Вид обработки | Ra , мкм |
|-------------------------|------------|--|---------------------|------------|
| Литье: | | | Обтачивание: | |
| В песчаные формы | 50 | | Обдирочное | 50...12,5 |
| В кокиль | 12,5...6,3 | | Получистовое | 6,3...3,2 |
| По выплавляемым моделям | 6,3 | | Чистовое | 1,6...0,8 |
| Под давлением | 3,2 | | тонкое | 0,4...0,2 |
| Фрезерование: | | | Шлифование: | |
| Черновое | 12,5...6,3 | | Получистовое | 3,2...1,6 |
| Чистовое | 3,2...1,6 | | Чистовое | 0,8...0,4 |
| тонкое | 0,8...0,4 | | тонкое | 0,2...0,1 |
| Зенкерование: | | | Сверление: | |
| Черновое | 12,5...6,3 | | Диаметром до 15мм | 6,3...3,2 |
| чистовое | 3,2...1,6 | | Свыше 15мм | 12,5...6,3 |

Для различных типовых деталей и соединений исследованы и определены оптимальные значения шероховатости, исходя из условий их работы. Рекомендуемые значения параметра Ra даны в табл.3

Рекомендуемые значения параметра шероховатости Ra для различных типов поверхностей

Таблица 3

| Вид изделия | Ra , мкм | Вид изделия | Ra , мкм |
|---|---------------------------|---|--|
| <i>Резьбы наружные</i> Рядовые Повыш. точности | 6,3...1,6 1,6...0,8 | <i>Резьбы внутренние</i> Рядовые Повыш. точности | 6,3...3,2 3,2...1,6 |
| <i>Резьбы ходовые</i> Винт гайка | 0,8 1,6...0,8 | <i>Стыки под прокладки:</i> Из мягких материалов Из неметаллов | 0,2...0,1 1,6...0,4 |
| <i>Центрирующие буртики (фланцев, крышек):</i> Отверстие буртик | 3,2...1,6 1,6...0,8 | <i>Поршни (рабочие поверхности):</i> Из чугуна и стали Из сплавов | 0,2...0,1 0,1...0,05 |
| <i>Клапаны с коническими пов. :</i> Рабочая поверхность клапана Рабочая поверхность седла | 0,1...0,025 0,2...0,05 | <i>Конические пробковые краны (рабочая поверхность):</i> Пробка отверстие | 0,8...0,05 0,8...0,05 |
| <i>Шпоночно-пазовые соединения (рабочие грани):</i> Пазы шпонки | 3,2...0,8 1,6...0,4 | <i>Шлицевые соед., центрирование:</i> по наружному диаметру: отверстие вал по внутреннему диаметру: отверстие вал | 0,8...0,2 0,4...0,1 0,2...0,1 0,8...0,2 |
| Опорные пов-ти под головки болтов, винтов, под гайки | | | 6,3...1,6 |
| Прямозубые колеса (рабочие поверхности зубьев) | | | 1,6...0,8 |
| Отверстия под крепежные детали | | | 6,3...3,2 |
| Шестигранники (и другие элементы с плоскими гранями) | | | 12,5...3,2 |

Как видно из табл.2 и табл.3 достижение определенной чистоты поверхности возможно несколькими методами обработки, поэтому выбирается обработка экономически более целесообразная для конкретных производственных условий.

Числовые значения для рассмотренных параметров установлены в таблицах ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения для значений Ra в пределах 100 ... 0,008 мкм, для значений Rz и $Rmax$ — в пределах 1600 ... 0,025 мкм, для значений $-S_m$ и S — в пределах 12,5 ... 0,002 мм.

Числовые значения параметров чистоты выбираются из соответствующих таблиц стандарта ГОСТ 2789—73

Таблица 4

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra

| Параметр Ra , мкм | | | | |
|--|------------|-------------|--------------|-------|
| 100 | 10,0 | 1,0 | 0,100 | 0,010 |
| 80 | 8,0 | 0,80 | 0,080 | 0,08 |
| 63 | 6,3 | 0,63 | 0,063 | - |
| 50 | 5,0 | 0,50 | 0,050 | - |
| 40 | 4,0 | 0,40 | 0,040 | - |
| 32 | 3,2 | 0,32 | 0,032 | - |
| 25 | 2,5 | 0,25 | 0,025 | - |
| 20 | 2,0 | 0,20 | 0,020 | - |
| 16,0 | 1,6 | 0,160 | 0,016 | - |
| 12,5 | 1,25 | 0,125 | 0,012 | - |
| Предпочтительные значения параметров подчеркнуты | | | | |

Таблица 5

Предпочтительные значения параметров $Rmax$, Rz

| Параметр | Предпочтительные значения, мкм |
|---------------|---|
| $Rmax$, Rz | 400; 200; 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025 |

Для всех трех высотных параметров выделены предпочтительные значения (табл. 4, табл.5), которыми и следует в первую очередь пользоваться, поскольку они приняты в технической документации за рубежом и именно с такими значениями предусмотрено централизованно выпускать образцы сравнения шероховатости по ГОСТ 9378—75

Для высотных показателей нормальные базовые длины стандартизованы:

Таблица 6

| | | | | | |
|-------------|----------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ra , мкм | До 0,025 | Св. 0,025 до 0,4 | Св. 0,4 до 3,2 | Св. 3,2 до 12,5 | Св. 12,5 До 100 |
| Rz , мкм | До 0,10 | Св. 0,10 до 1,6 | Св. 1,6 до 12,5 | Св. 12,5 до 50 | Св.50 До 400 |
| ℓ , мм | 0,08 | 0,25 | 0,8 | 2,5 | 8,0 |

4. Обозначение параметров шероховатости на чертежах

Выбор параметров шероховатости и их числовых значений производят в зависимости от требований к шероховатости поверхности деталей, исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости не устанавливают и ее не контролируют. Обозначение допусков: на шероховатость на чертежах в соответствии с международными стандартами регламентирует ГОСТ 2.309-75.

В обозначении шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктор не устанавливает, применяют знак, показанный на рис. 14 а. Этот знак является, предпочтительным. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой удалением слоя материала, например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т. д., применяют знак, указанный на рис. 14 б. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой без снятия слоя материала, например литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. д., применяют знак, показанный на рис. 14, в.

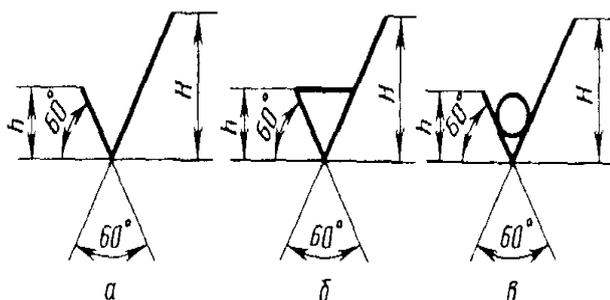


Рис.14. Графическое изображение шероховатости

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении детали располагают на линиях контура, выносных линиях (но возможности ближе к размерной линии) или на полках линий - выносок. При недостатке места допускается располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или их продолжениях, а также разрывать выносную линию. При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения и по возможности ближе к месту указания размеров.

В случае одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали соответствующее обозначение помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не указывают.

С 1 января 2005 г. введено в действие изменение к ГОСТ 2.309-75 "ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей». С этого времени межгосударственный стандарт ГОСТ 2.309-73 полностью соответствует международному стандарту ИСО 1302. Изменения касаются структуры обозначения шероховатости поверхности, а также символического обозначения шероховатости.

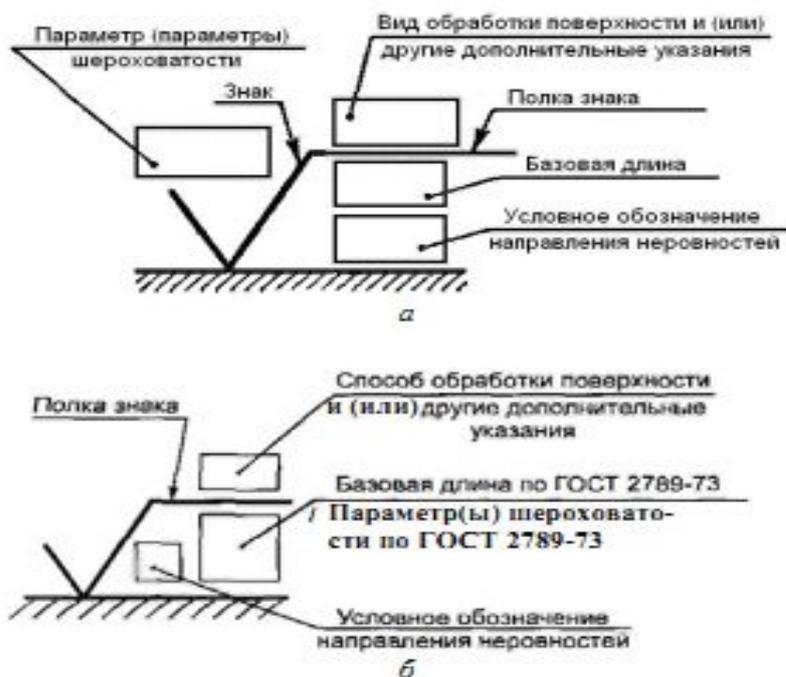


Рис.15. Структура обозначения шероховатости а)- до изменения стандарта б)- по действующему в настоящее время ГОСТу

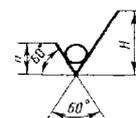
Согласно ИСО 1302 значение параметра шероховатости Ra указывают после соответствующего символа, например:

- а) — заменить $\sqrt[0,4]{\quad}$ на $\sqrt{Ra0,4}$;
- б) — заменить $\sqrt[3,2]{\quad}$ на $\sqrt{Ra3,2}$;
- в) — заменить $Rz \sqrt[0,8]{\quad}$ на $\sqrt{=0,8/Rz 0,2}$; $\sqrt[3,2]{\quad}$ на $\sqrt{Ra 3,2}$;
- г) — заменить $\sqrt[12,5]{\quad}$ на $\sqrt{Ra 12,5}$; $\sqrt[6,3]{\quad}$ на $\sqrt{Ra 6,3}$.

В обозначении п. в) обозначение направления неровностей (табл.4), 0,8 – базовая длина ℓ , $Rz0,2$ – параметр высота неровностей по 10 точкам в мкм.

В обозначении п. г) обработка без снятия слоя металла с получением шероховатости $Ra=12,5$ мкм

Если в обозначении на поверхности стоит знак без параметров шероховатости, то в этом случае поверхность по данному чертежу не обрабатывается.



Направления неровностей шероховатости указывают в соответствии с таблицей 7.

| Типы направления неровностей | Обозначение | Типы направления неровностей | Обозначение |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------|-------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Примеры обозначения параметров шероховатости

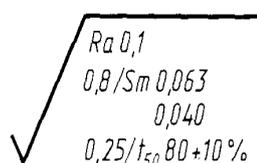


Рис.16.

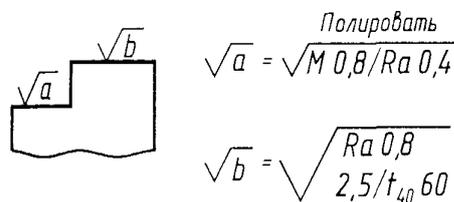


Рис.17.

На рис.16 заданы следующие требования к чистоте поверхности:

- Метод обработки не оговаривается (технолог может выбрать любой метод обработки—со снятием слоя металла или без снятия слоя металла, обеспечивающий требуемые параметры шероховатости);
- Максимально допустимое значение параметра $Ra=0,1$ мкм (базовая длина в обозначении не указана, значит, она равна стандартному значению для такого параметра и по ГОСТ 2.309-75 для $Ra=0,1$ мкм базовая длина $\ell=0,25$ мм);
- Средний шаг неровностей S_m выражен двумя предельными значениями, то есть задан диапазон от 0,040 до 0,063 мм, в котором должен находиться средний шаг неровностей. 0,8— базовая длина, на которой должен оцениваться параметр S_m ;
- Относительная опорная длина $t_{50}80+10\%$ должна оцениваться на базовой длине $\ell=0,25$; уровень сечения должен находиться на расстоянии $P=0,5R_{max}$ (мм) (т.е. 50% от R_{max}). Числовое значение относительной опорной длины задано номинальным значением и предельными отклонениями (80%— номинальное значение параметра, +10%— верхнее отклонение, нижнее отклонение равно нулю).

На рис.17 дан пример обозначения шероховатости с расшифровкой в текстовой записи технических требований рабочего чертежа.

Если для всех поверхностей детали требования к шероховатости одинаковы, то это требование может быть проставлено один раз в правом верхнем углу чертежа, как это показано на рис.19.

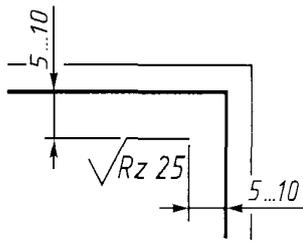


Рис.18.

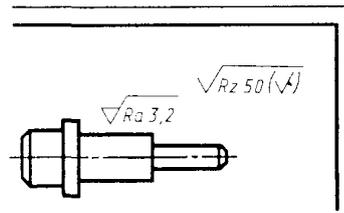


Рис.19.

Если на некоторых поверхностях детали стоят требования к шероховатости (рис.20), а на остальные поверхности требования к шероховатости одинаковые, то это требование проставляется в правом верхнем углу чертежа, как это показано на рис.20 и обозначает требование к чистоте остальных поверхностей, для которых шероховатость на чертеже не проставлена.

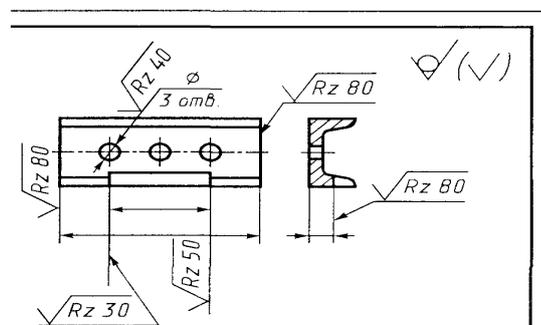


Рис.20. Пример простановки параметров шероховатости

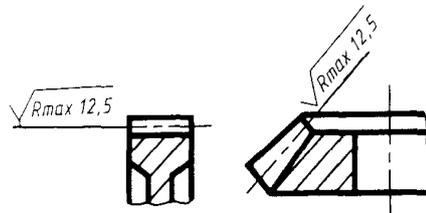


Рис.21. Обозначение шероховатости на зубчатых поверхностях

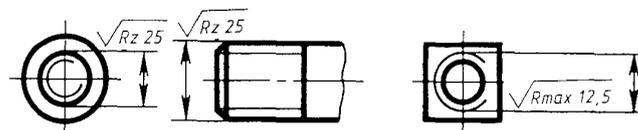


Рис.22. Шероховатость на резьбовых поверхностях

5. Методы оценки параметров шероховатости

Шероховатость поверхности оценивают двумя основными методами: качественным и количественным.

Качественный метод оценки основан на сравнении обработанной по-

верхности посредством визуального сопоставления, сопоставления ощущений при ощупывании рукой (пальцем, ладонью, ногтем) и сопоставления результатов наблюдений под микроскопом.

Визуальным способом можно достаточно точно определять класс чистоты поверхности, за исключением тонко обработанных поверхностей. Эталоны, применяемые для оценки шероховатости поверхности визуальным способом, должны быть изготовлены из тех же материалов, с такой же формой поверхности и тем же методом, что и деталь. Рабочие образцы шероховатости имеют стандартные значения шероховатости, полученные точением, фрезерованием и т.д.

Качественную оценку весьма тонко обработанных поверхностей следует производить с помощью микроскопа или лупы.

Количественный метод оценки заключается в измерении параметров шероховатости с помощью приборов.

Для количественной оценки шероховатости поверхности применяют бесконтактные и контактные методы.

Бесконтактные методы – оптические методы - светового и теневого сечения, а так же микроинтерференционные методы.

Контактные методы – профилографирование и профилометрирование. В основу этих методов положен принцип «ощупывания» алмазной иглой с малым радиусом закругления. Вертикальное перемещение иглы преобразуется в электрические сигналы с помощью индуктивных или других преобразователей сигнала.

Профилометры предназначены для непосредственного показа среднего арифметического отклонения профиля поверхности R_a . Профилографы служат для: записи профиля поверхности в виде профилограммы.

Профилограф-профилометр мод. 252 с унифицированными блоками и цифровым устройством (рис. 23) предназначен для измерения в лабораторных условиях шероховатости и волнистости поверхности изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

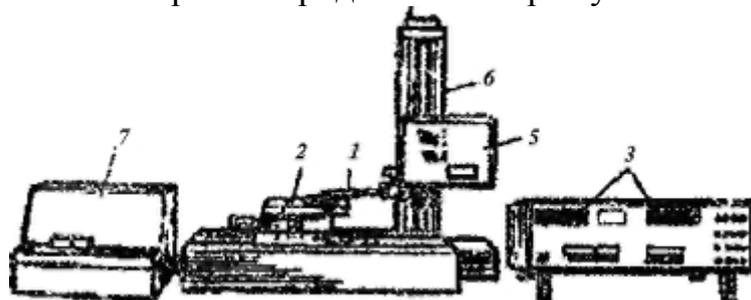


Рис. 23. Профилометр - профилограф

Прибор состоит из стойки 6с приводом 5, универсального предметного столика 2, блока управления 4, счетно-решающего блока 3, измерительного преобразователя (датчика) 1 и записывающего устройства.

Принцип действия прибора (рис. 24) основан на ощупывании исследуемой поверхности алмазной иглой с радиусом закругления 10 мкм и преобра-

зовании колебаний иглы в соответствующие изменения напряжения. Алмазная игла закреплена на якоре измерительного преобразователя.

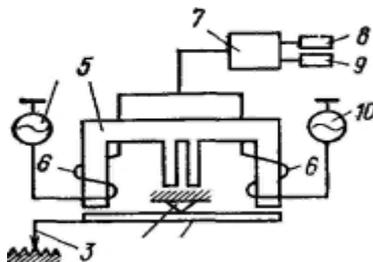


Рис. 24. Принципиальная схема

При перемещении преобразователя относительно исследуемой поверхности игла и якорь колеблются на опоре, относительно сдвоенного Ш-образного сердечника, на котором закреплены две катушки преобразователя. Катушки включены в мостовую схему, которая питается от генератора 4. При колебаниях якоря изменяются воздушные зазоры между якорем и сердечником, индуктивности катушек и выходное напряжение мостовой схемы. Выходные сигналы о мостовой схеме поступают на блок управления и счетно-решающий блок, а затем на записывающее устройство. Частота выходных сигналов соответствует шагу микронеровностей, а амплитуда пропорциональна высоте микронеровностей.

Числовые значения параметров шероховатости поверхности определяются с помощью пятиразрядного устройства, расположенного на передней панели счетно-решающего блока.

По показывающему устройству определяются: Ra - высота наибольшего выступа профиля; глубина наибольшей впадины профиля; t_p - относительная опорная длина; n — число шагов.

Для определения шероховатости поверхности в труднодоступных местах применяют метод снятия с исследуемой поверхности слепков, шероховатость поверхности которых служит в дальнейшем критерием оценки с помощью описанных выше приборов. Искажение профиля исследуемой поверхности при снятии слепка практически не превышает 3%. В качестве материалов для слепков применяют целлулоид, растворимый в ацетоне.

При технологической целесообразности для оценки микрогеометрии поверхности применяют также метод среза. Исследуемую поверхность покрывают слоем хрома толщиной 5...10 мкм, затем производят срез под углом $1...2^\circ$, срезанную плоскость после травления фотографируют и исследуют.

В данной лабораторной работе оценка шероховатости поверхности проводится по профилограмме, полученной на профилометре-профилографе.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить данное руководство
2. Получить профилограмму для оценки шероховатости поверхности и чертеж детали, для которой получена профилограмма, с требованиями к ш

роховатости поверхности.

3. Провести среднюю линию по методике, описанной в руководстве.
4. Определить базовую длину для оценки шероховатости поверхности. Если в обозначении шероховатости для контролируемого параметра шероховатости не указана базовая длина, на которой следует определять этот параметр, то выбрать базовую длину из таблицы стандартных значений базовых длин для этого значения параметра шероховатости (по табл.6).
5. Определить вертикальное и горизонтальное увеличение на профилограмме (по соответствующим записям на профилограмме или указаниям преподавателя)
6. Определить с учетом горизонтального увеличения длину участка на профилограмме, соответствующее выбранной базовой длине. Например, при горизонтальном увеличении 200 : 1 базовой длине $l=0,8$ мм на профилограмме будет соответствовать участок длиной $0,8 \times 200 = 160$ мм.
7. Измерить 6 параметров шероховатости на профилограмме
8. Определить действительные значения параметров шероховатости с учетом вертикального и горизонтального увеличения профилограммы. Например, значение R_z , найденное на профилограмме с вертикальным увеличением 2000 : 1 равно 20 мм, тогда с учетом вертикального увеличения реальное значение параметра будет $20/2000=0,01$ мм. Так как высотные параметры шероховатости по ГОСТ задаются в мкм, то при переводе получим параметр $R_z=0,01$ мм= $0,01 \times 1000 = 10$ мкм. Найденное значение параметра $R_z=10$ мкм соответствует реальной поверхности. Учтите, что шаговые параметры измеряются в мм, а при определении опорной базовой длины t_p масштаб не имеет значения, так как этот параметр подсчитывается в %.
9. Сравнить полученные значения шероховатости с требованиями к шероховатости, указанными на чертеже. Дать заключение о годности детали. Например, если измеренное по профилограмме значение $R_z=10$ мкм, а требование на чертеже задано параметром $R_z12,5$ (максимально допустимое значение параметра), можно сделать вывод, что шероховатость поверхности удовлетворяет техническим требованиям чертежа ($10 \text{ мкм} < 12,5 \text{ мкм}$).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование, цель работы.
2. Основные понятия, краткое описание влияния шероховатости на эксплуатационные свойства детали
3. Структура обозначения поверхности на чертеже с одним – двумя примерами.
4. Профилограмма с необходимыми для расчета построениями
4. Описание методики, формул для определения параметров шероховатости, расчеты, проведенные в процессе определения параметров шероховатости.
5. Заключение о соответствии шероховатости поверхности детали требованиям чертежа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятие о шероховатости поверхности. От чего зависит ее появление.
2. Влияние шероховатости на эксплуатационные характеристики деталей
3. 6 параметров шероховатости, умение их найти на профилограмме.
4. Обозначение шероховатости на чертежах («старое» и по действующему межгосударственному стандарту сейчас)
5. Какой из высотных параметров шероховатости является предпочтительным и почему
6. Что такое базовая длина и как она выбирается
7. Как проводится средняя линия
8. Связь назначаемых параметров шероховатости с требуемыми эксплуатационными характеристиками деталей
9. Методы контроля шероховатости поверхностей

