

Структурное подразделение
“Центр сетевого взаимодействия”
Муниципальное образовательное учреждение
“Средняя общеобразовательная школа №6”

Теоретическое занятие

Тема: “Качество поверхностей деталей машин”
(Шероховатость поверхностей)

Разработал:
Учитель технологии
Подлесных А.П.

Г.Железногорск
2020г.

Тема: Качество поверхностей деталей машин.

Поверхность детали нельзя выполнить идеально гладко, так как существует много различных факторов, вызывающих появление на поверхностях обрабатываемых деталей неровностей. Одним из этих факторов является сам процесс резания, т. е. режущие кромки инструмента и зерно абразивных материалов оставляют на поверхности свои следы. Неровности появляются также от толчков, дрожания, вибраций, вызывающих колебательное движение режущего инструмента, отрыва частичек металла при резании, трения задней грани режущего инструмента по обрабатываемой поверхности. Эти неровности появляются в виде гребешков и впадин, высота которых измеряется долями миллиметра.

Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенных с помощью базовой длины l , называется *шероховатостью поверхности*.

Шероховатость поверхности зависит от метода и режима обработки, качества применяемого режущего инструмента, жесткости технологической системы, физико-механических свойств обрабатываемого материала, вида применяемой смазывающе-охлаждающей жидкости, вибраций технологической системы и др.

Каждому методу обработки (точение, фрезерование, шлифование и др.) соответствует свой диапазон получаемой шероховатости поверхности.

При обработке заготовок лезвийным инструментом шероховатость поверхности в значительной мере зависит от скорости резания и подачи.

После обтачивания стальной заготовки со скоростью резания около 20 м/мин наблюдается наибольшая шероховатость, что связано с явлением активного образования нароста на режущей части резца. При скорости резания свыше 80 м/мин образование нароста практически прекращается. Кроме того, при высоких скоростях резания значительно уменьшается глубина пластически деформированного слоя, что также снижает шероховатость поверхности.

Зависимость шероховатости поверхности от подачи при точении заготовки из стали 45 резцом с радиусом закругления вершины 2,5 мм: изменение малых подач (до 0,2 мм/об) незначительно влияет на изменение шероховатости поверхности, при переходе в область подач свыше 0,2 мм/об микронеровности обработанной поверхности возрастают более интенсивно.

С увеличением глубины резания шероховатость поверхности возрастает незначительно и практически ее можно не учитывать.

Значительное влияние на шероховатость поверхности оказывает состояние режущей части инструмента: микронеровности режущей кромки инструмента ухудшают шероховатость обработанной поверхности; это особенно заметно при обработке протяжками, развертками или широкими резцами. Затупление режущего инструмента приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности.

При обработке заготовок абразивным инструментом шероховатость

поверхности снижается с уменьшением зернистости и повышением твердости шлифовального круга, повышением скорости резания, уменьшением продольной и поперечной подач.

При обработке стали с высоким содержанием углерода ($C > 0,5\%$) получается более чистая поверхность, чем при обработке низкоуглеродистой стали.

Применение смазывающе-охлаждающей жидкости улучшает шероховатость обработанной поверхности. Одновременно повышается стойкости инструмента.

Жесткость технологической системы значительно влияет на шероховатость и волнистость поверхности. Так, при точении нежесткого вала с установкой на центры наибольшая шероховатость поверхности получается примерно в средней части по длине вала. Недостаточная жесткость системы может быть причиной появления вибрации при резании и, как следствие, образования волнистой поверхности.

Физико-механические свойства поверхностного слоя деталей и заготовок в значительной мере зависят от воздействия тепловых и силовых факторов в процессе обработки. Поверхностный слой обработанной стальной заготовки состоит из трех зон: 1 – зоны резко выраженной деформации, характеризующейся искажением кристаллической решетки, дроблением зерен и повышенной твердостью; 2 – зоны деформации, характеризующейся вытянутыми зернами и снижением твердости по сравнению с первой зоной; 3 – переходной зоны (зоны постепенного перехода к структуре основного металла).

При обработке стальных заготовок резанием глубина деформации распространяется до 100 – 300 мкм. У чугунных заготовок глубина распространения деформации незначительна (до 15 мкм).

При механической обработке металлов деформация поверхностного слоя сопровождается упрочнением (наклепом) этого слоя.

С увеличением глубины резания и подачи глубина наклепанного слоя возрастает. Так, при черновом точении глубина наклепа составляет 200 – 500 мкм, при чистовом точении 25-30 мкм, при шлифовании 15-20 мкм и при очень тонкой обработке 1 – 2 мкм. С увеличением скорости резания глубина наклепа уменьшается. Это объясняется уменьшением продолжительности воздействия сил резания на деформируемый металл.

При шлифовании деталей доминирующим фактором является тепловой, служащий причиной появления в поверхностном слое обрабатываемого металла растягивающих напряжений.

Появление растягивающих напряжений связано с быстрым нагреванием поверхностного слоя в зоне контакта металла детали с шлифовальным кругом. После прохождения шлифовального круга поверхностный слой, охлаждаясь, стремится сжаться, вызывая растягивающие напряжения. При шлифовании с выхаживанием (т.е. с последующим выключением продольной подачи) значительно уменьшаются напряжения растяжения и увеличиваются напряжения сжатия.

Оценка шероховатости поверхности в цеховых условиях часто

осуществляется визуально – осмотром обработанной поверхности и сравнением ее с аттестованным эталоном. Эталоны должны быть изготовлены из тех материалов, что и проверяемые детали, т.к. отражательная способность материалов различна.

Применение микроскопа сравнения расширяет возможности этого метода контроля. Оптическая схема микроскопа построена так, что луч света от лампы проходит через призму в двух направлениях: один пучок света направляется на поверхность эталона и, отразившись от нее, проходит через призму и объектив и дает изображение поверхности эталона в одной половине поля зрения окуляра; другой пучок света направляется на поверхность контролируемой детали и, отразившись от нее, также проходит через призму и объектив и дает изображение поверхности детали в другой половине поля зрения окуляра. Сопоставляя качество контролируемой поверхности с эталоном, можно определить шероховатость обработанной поверхности. Микроскоп сравнения дает увеличение в 10-50 раз и позволяет контролировать поверхности, не снимая детали со станка.

Оценка шероховатости поверхности методом сравнения субъективна и может вызвать разногласия.

Для непосредственных измерений высоты микронеровностей пользуются приборами: оптическими (двойной микроскоп, микроинтерферометр), щуповыми (профилометры, профилографы), пневматическими.

Для определения глубины и степени наклепа наиболее распространен метод «косого среза». Сущность его заключается в следующем. На образце с помощью притирки пастой ГОИ изготавливают срез под небольшим углом $\alpha = 0^\circ 30' \div 2^\circ$. Определяя с помощью прибора твердость по длине среза, находят расстояние от начала среза до точки, после которой твердость перестает изменяться. Глубина наклепанного слоя $h_{\text{н}} = l \sin \alpha$.

Степень наклепа (в %) определяют из соотношения

$$I_{\text{н}} = \frac{H_{\text{н}} - H_0}{H_0} \cdot 100,$$

где $H_{\text{н}}$ – наибольшая твердость поверхностного слоя; H_0 – твердость основного металла. Степень наклепа обычно составляет 120 – 160 %.

Для изучения глубины наклепанного слоя применяют также метод стравливания и рентгеновский метод. Метод стравливания основан на том, что наклепанный слой стравливается быстрее, чем основная масса металла. Зная размер слоя при каждом последовательном стравливании, определяют глубину наклепанного слоя. Рентгеновский метод применяют для изучения поверхностных слоев более 3 – 10 мкм.

Для определения остаточных напряжений пользуются методом, основанным на расчете остаточных напряжений по деформации образца после удаления с него напряженного слоя. В последнее время получает распространение бесконтактный метод определения остаточных напряжений посредством голографической интерферометрии.

Шероховатость обработанной поверхности, наклеп и остаточные напряжения в поверхностном слое детали значительно влияют на ее

эксплуатационные свойства: износостойкость, коррозионную стойкость, усталостную прочность, стабильность посадок, герметичность соединений.

Шероховатость поверхности уменьшает площадь фактического касания двух сопрягаемых поверхностей, поэтому в начальный период работы соединения возникают значительные удельные давления, которые ухудшают условия смазки и, как следствие, вызывают более интенсивное изнашивание поверхностей.

Микронеровности поверхности являются местом концентрации напряжений, поэтому более шероховатые поверхности имеют меньшую усталостную прочность в условиях циклической нагрузки. Особенно сильно шероховатость поверхности влияет на предел выносливости детали в местах концентрации напряжений. Коэффициент концентрации напряжений для поверхностей, обработанных резанием, составляет 1,5 – 2,5. Установлено, что прочность стальных деталей, обработанных резанием, по сравнению с полированными деталями в условиях знакопеременной нагрузки составляет 40 – 50 %.

Грубо обработанные поверхности более подвержены коррозии, особенно в атмосферных условиях, т.к. коррозия наиболее интенсивно протекает на дне микронеровностей и мелких надрезов.

Снижать шероховатость поверхности в каждом конкретном случае следует до определенного предела. Слишком большое снижение шероховатости приводит к ухудшению условий смазки, т.к. на очень чистых поверхностях плохо удерживается смазочный слой. Поэтому поверхность, покрытая пористым хромом, лучше удерживает смазку, чем поверхность с гладким хромовым покрытием.

От шероховатости поверхности зависит и стабильность неподвижных посадок. При запрессовке детали наблюдается сглаживание микронеровностей, приводящее к уменьшению прочности соединения деталей, обнаруживается при более шероховатых поверхностях.

Шероховатость и волнистость поверхности сильно влияют на контактную жесткость стыков сопрягаемых деталей. Уменьшая шероховатость и волнистость путем тонкого шлифования, шабрения или тонкой притирки, удается повысить несущую поверхность детали до 80 – 90 % и тем самым повысить контактную жесткость.

Состояние поверхностного слоя детали отражается на ее эксплуатационных свойствах. Установлено, что создание в поверхностном слое наклепа и остаточных напряжений сжатия в большинстве случаев повышает усталостную прочность и износостойкость, но одновременно в 1,5 – 2 раза уменьшает коррозионную стойкость деталей. Последнее обстоятельство объясняется тем, что первичная защитная пленка на сильно деформированном металле легче разрушается под влиянием внутренних напряжений, что ускоряет процесс коррозии.

В зависимости от характера наклепа и шероховатости поверхности детали предел усталости у наклепанных образцов благодаря действию сжимающих напряжений повышается на 30 – 80 %, а износостойкость металла – в 2 – 3 раза.

Под действием растягивающих напряжений предел усталости для сталей повышенной твердости снижается на 30 % и одновременно уменьшается износостойкость детали.

На снижение качества поверхностного слоя значительное влияние оказывает его структурная неоднородность. Обезуглероженный поверхностный слой, образовавшийся в процессековки или штамповки заготовки, снижает предел выносливости детали. При изготовлении ответственных деталей этот слой следует удалить.

Шероховатость поверхности характеризуется одним из следующих параметров: средним арифметическим отклонением профиля R_a или высотой неровностей R профиля по 10 точкам. Значения этих параметров определяются в пределах некоторого участка поверхности, длина которого называется *базовой длиной* l . Зная форму профиля в пределах базовой длины l , на диаграмме можно провести его среднюю линию m , выше которой будут располагаться выступы, а ниже впадины.

Средняя линия профиля проводится так, чтобы площади, соответствующие выступам и впадинам, были равны между собой:

$$F_1 + F_3 + \dots + F_{n-1} = F_2 + F_4 + \dots + F_n$$

R_a - среднее арифметическое отклонение профиля — определяется как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений от средней линии профиля в пределах базовой длины l (в мм). Приближенно

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n}$$

где y — расстояние между любой точкой профиля и средней линией, измеренное по нормали, проведенной к средней линии через точку профиля;

n — количество измеренных расстояний.

R_z - высота неровностей профиля по 10 точкам определяется как сумма средних абсолютных значений высот (в мкм) пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины l по формуле

$$R_z = \frac{(H_1 + H_3 + H_5 + H_7 + H_9) - (H_2 + H_4 + H_6 + H_8 + H_{10})}{5}$$

где H_1, H_3, H_5, H_7, H_9 — ординаты высших точек;

$H_2, H_4, H_6, H_8, H_{10}$ — ординаты низших точек.

R_{max} — наибольшая высота неровностей профиля — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (в мкм)

Нормирование и количественная оценка шероховатости поверхности производятся с помощью высотных параметров R_a, R_z и R_{max} , шаговых параметров S_m и S и параметра t_p - относительной опорной длины профиля. Параметр R_a

является предпочтительным, так как при определении параметра R_z , в зависимости от формы профиля в некоторых случаях возникают проблемы в связи с тем, что имеется меньше пяти выступов или впадин профиля на базовой длине. Кроме того, параметр R_a более точно определяет шероховатость, так как является интегральным.

Знаки, обозначающие шероховатость поверхности, а также месторасположение параметра (или параметров) и данных, содержащих дополнительные требования, показаны на рис. а. Если в обозначении содержится только значение параметра, то знак не имеет полки. Если вид обработки поверхности конструктором не устанавливается, то знак шероховатости имеет вид, представленный на рис. б. Знак на рис. в обозначает шероховатость поверхности, которая должна быть образована резанием или другим видом обработки с удалением слоя материала, а знак на рис. г — шероховатость поверхности, образованной без удаления слоя материала (литьем, ковкой и т. п.) и не обрабатываемой по чертежу.

Шероховатость указывают в обозначении для параметра R_a без символа, например, 0,32. Для параметров R_z , R_{max} и др. после соответствующего символа, например, $R_z 40$, $R_{max} 80$.

Типы и условные обозначения направлений неровностей поверхности даны в табл. 1.

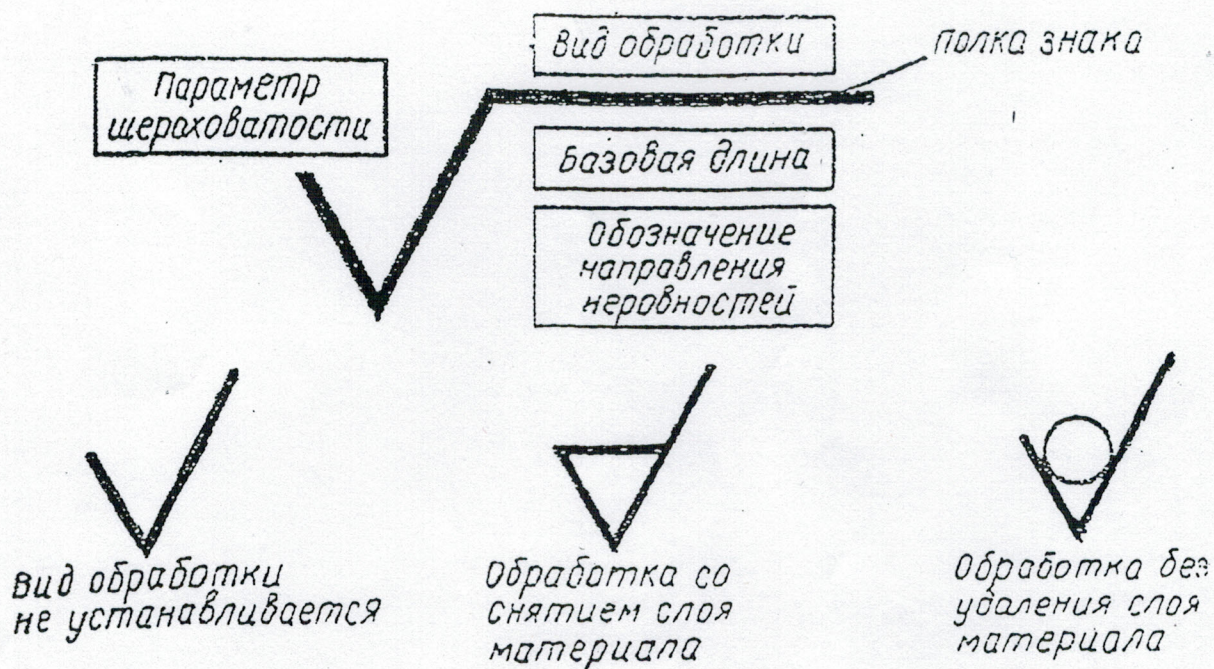
Если на чертеже изображено изделие, часть или все обрабатываемые поверхности которого должны иметь одинаковую шероховатость поверхности, то в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условное обозначение V. Это обозначает, что все поверхности, на которые не нанесены обозначения шероховатости или знак V, должны быть сделаны с одинаковой шероховатостью.

Обозначение шероховатости поверхности на чертежах располагают на линиях контура (рис.а), выносных линиях (рис.б), располагая близко к размерной линии, или на полках линий-выноской (рис.в).

На чертежах деталей проставляются параметры шероховатости R_a и R_z (мкм), причем параметр R_a устанавливается для классов шероховатости 6...12, а параметр R_z для классов 1...5 и для классов 13...14.

Например :

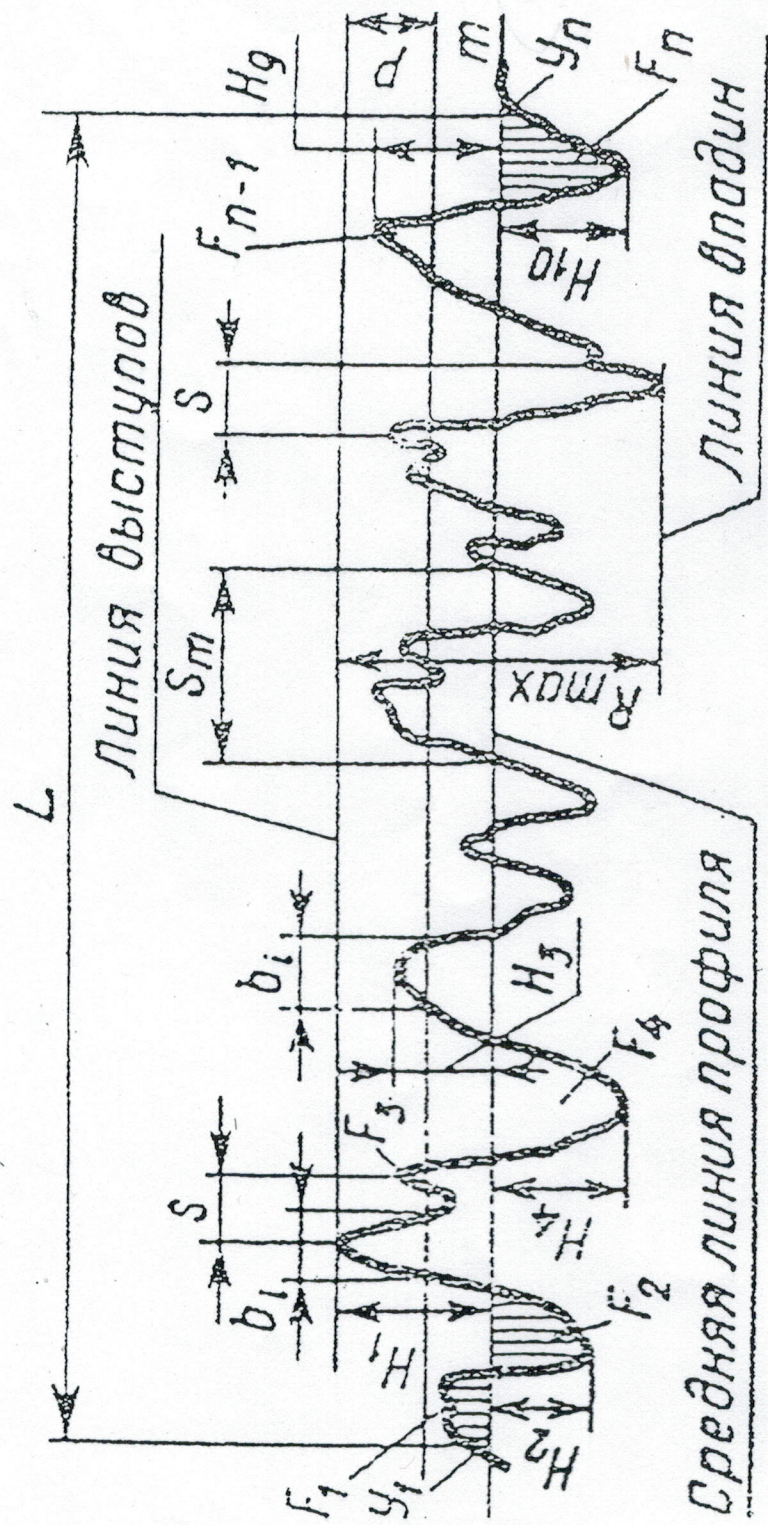
$R_z 80$ соответствует 3-му классу шероховатости, $R_z 40$ — 4-му, $R_z 20$ — 5-му, $R_a 2,5$ — 6-му, $R_a 1,5$ — 7-му, $R_a 0,63$ — 8-му, $R_a 0,32$ — 9-му.



Знаки, обозначающие шероховатость поверхности на чертежах.



Направление неровностей при обработке и их условные обозначения на чертежах.

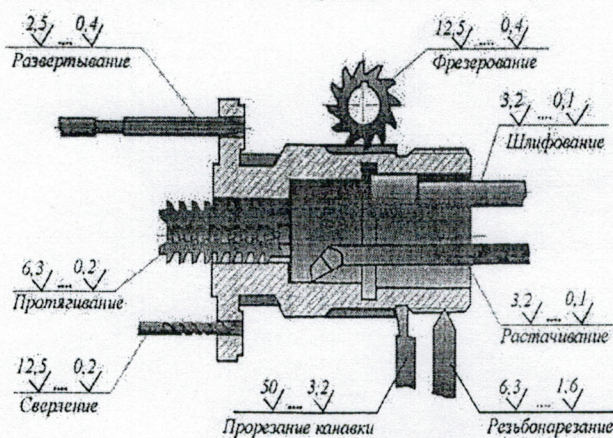


Параметры шероховатости (по ГОСТ 2789—73)



ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

В технологическом процессе при нормировании шероховатости рекомендуется применять высотные параметры R_a и R_z



На рисунке приведены значения этих параметров для некоторых наиболее часто встречающихся элементов деталей и соединений



ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ R_a ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОВЕРХНОСТИ

Вид обработки		R_a
Резьбы наружные:	рядовые	6,3...1,6
	повышенной точности	1,6...0,8
Резьбы внутренние	рядовые	6,3...3,2
	повышенной точности	3,2...1,6
Резьбы ходовые	винт	0,8
	гайка	1,6...0,8
Уплотняющие поверхности ниппелей, штуцеров		0,8...0,2
Прямозубые колеса	рабочие поверхности зубьев	1,6...0,8
Стыки под прокладки	из мягких материалов	0,2...0,1
	из неметаллов	1,6...0,4
Привалочные плоскости		3,2...0,8
Отверстия под крепежные детали		6,3...3,2
Опорные поверхности под головки болтов, винтов, под гайки		6,3...1,6
Центрирующие буртики (фланцев, крышек)	отверстия	3,2...1,6
	буртик	1,6...0,8
Торцы пружин сжатия		3,2...1,6
Поршни (рабочие поверхности)	из чугуна и стали	0,2...0,1
	из сплавов	0,1...0,05
Поршневые пальцы		0,2...0,05
Клапаны с коническими поверхностями	рабочая поверхность клапана	0,1...0,025
	рабочая поверхность седла	0,2...0,05
Конические пробковые краны (рабочая поверхность)	пробка	0,8...0,05
	отверстие	0,8...0,05
Свободные поверхности	торцы, фаски, нетрущиеся поверхности валов,	6,3...3,2
	проточки, нерабочие поверхности зубчатых колес и др.	
Шестигранники		12,5...3,2
Шпоночно-пазовые соединения (рабочие грани)	пазы	3,2...0,8
	шпонки	1,6...0,4
Шлицевые соединения, центрирование	по наружному диаметру: отверстие	0,8...0,2
	вал	0,4...0,1
	по внутреннему диаметру: отверстие	0,2...0,1
	вал	0,8...0,2
	по граням шлицев: охватываемые поверхности	0,8...0,2
	охватываемые поверхности	0,4...0,1
Направляющие призматические поверхности	охватываемые	0,4...0,1
	охватываемые	0,2...0,05
Стыки герметичные		0,1...0,05
		металл по металлу с притиркой



ТИПОВЫЕ ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ОБРАБОТКИ

Вид обработки		Ra
Резьбы наружные:	рядовые	6,3...1,6
	повышенной точности	1,6...0,8
Резьбы внутренние	рядовые	6,3...3,2
	повышенной точности	3,2...1,6
Резьбы ходовые	винт	0,8
	гайка	1,6...0,8
Уплотняющие поверхности ниппелей, штуцеров		0,8...0,2
Прямозубые колеса	рабочие поверхности зубьев	1,6...0,8
Стыки под прокладки	из мягких материалов	0,2...0,1
	из неметаллов	1,6...0,4
Привалочные плоскости		3,2...0,8
Отверстия под крепежные детали		6,3...3,2
Опорные поверхности под головки болтов, винтов, под гайки		6,3...1,6
Центрирующие буртики (фланцев, крышек)	отверстия	3,2...1,6
	буртик	1,6...0,8
Торцы пружин сжатия		3,2...1,6
Поршни (рабочие поверхности)	из чугуна и стали	0,2...0,1
	из сплавов	0,1...0,05
Поршневые пальцы		0,2...0,05
Клапаны с коническими поверхностями	рабочая поверхность клапана	0,1...0,025
	рабочая поверхность седла	0,2...0,05
Конические пробковые краны (рабочая поверхность)	пробка	0,8...0,05
	отверстие	0,8...0,05
Свободные поверхности	торцы, фаски, нетрущиеся поверхности валов, проточки, нерабочие поверхности зубчатых колес и др.	6,3...3,2
Шестигранники	и другие элементы с плоскими гранями	12,5...3,2
Шпоночно-пазовые соединения (рабочие грани)	пазы	3,2...0,8
	шпонки	1,6...0,4
Шлицевые соединения, центрирование	по наружному диаметру: отверстие	0,8...0,2
	вал	0,4...0,1
	по внутреннему диаметру: отверстие	0,2...0,1
	вал	0,8...0,2
	по граням шлицев: охватывающие поверхности	0,8...0,2
	охватываемые поверхности	0,4...0,1
Направляющие призматические поверхности	охватывающие	0,4...0,1
	охватываемые	0,2...0,05
Стыки герметичные	металл по металлу с притиркой	0,1...0,05

ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА ШЕРОХОВАТОСТИ Ra ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОВЕРХНОСТИ														
Классы шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ra мкм	80-40	40-20	20-10	10-5	5-2,5	2,5-1,25	1,26-0,63	0,63-0,32	0,32-0,16	0,16-0,08	0,08-0,04	0,04-0,02	0,02-0,01	0,01-0,008
Rz мкм	320-160	160-80	80-40	40-20	20-10	10-6,3	6,3-3,2	3,2-2,6	2,6-0,8	0,8-0,4	0,4-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,025
Базовая длина, мм	8			2,5			0,8			0,25			0,08	
Достижимый при данном способе изготовления класс шероховатости														
отливание	✓	✓	✓											
шабрение							✓	✓	✓					
сверление			✓	✓	✓	✓								
строгание	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
развертывание							✓	✓	✓					
точение	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
фрезерование		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
протягивание						✓	✓	✓	✓	✓				
шлифование						✓	✓	✓	✓	✓				
притирка								✓	✓	✓	✓	✓	✓	
хонингование								✓	✓	✓	✓	✓		
прокат					✓	✓	✓	✓	✓					
Литье в кокиль	✓	✓	✓	✓										
Литье под давлением		✓	✓	✓	✓	✓	✓							

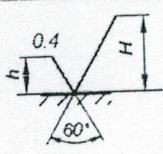
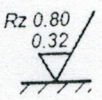
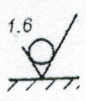
В таблице приведены значения шероховатости поверхности, обеспечиваемые различными видами технологической обработки деталей.

В таблице приведены значения шероховатости поверхности, обеспечиваемые различными видами технологической обработки деталей.

☒ Обозначение шероховатости поверхностей.

класс	Rz	Ra по умолчанию
1	320-160	50
2	160-80	25
3	80-40	12,5
4	40-20	6,3
5	20-10	3,2
6	10-6,3	1,6
7	6,3-3,2	0,8
8	3,2-1,6	0,4
9	1,6-0,8	0,2
10	0,8-0,4	0,1
11	0,4-0,2	0,05
12	0,2-0,1	0,025
13	0,1-0,005	0,012

Шероховатость поверхности обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Знак наиболее предпочтительный. Высота h равна высоте размерных чисел $h = (1,5 \dots 3,0) R$. Параметр R не должен превышать 0,4 мкм.	
Знак, показывающий, что поверхность образована путем удаления слоя металла. Параметр R должен находиться в пределах 0,8...0,32 мкм.	
Знак, показывающий, что поверхность образована без снятия слоя металла. Параметр R не должен превышать 1,6 мкм.	
Знак, показывающий, что поверхность не обрабатывается по данному чертежу.	