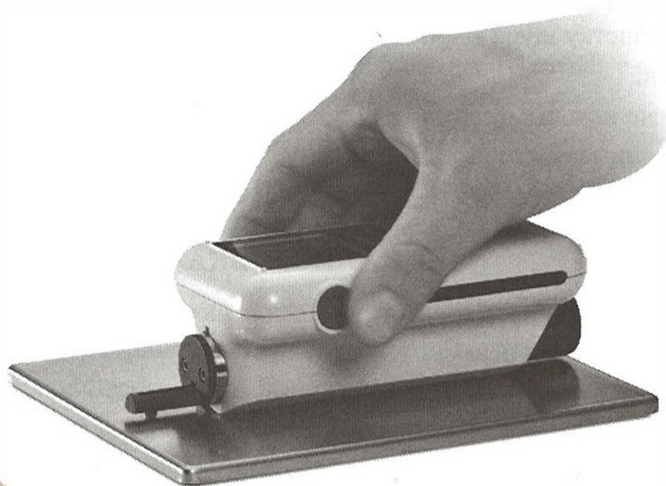


12

ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ОШИБКИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ



Измерение шероховатости поверхности, несмотря на наличие самых современных приборов, остается по-прежнему областью многих проблем и недоразумений.

Очень важно, чтобы и те, кто применяет приборы, и конструктора, устанавливающие технические требования к шероховатости поверхности деталей, одинаково знали и понимали причины, вызывающие ошибки при оценке поверхности.

Далее будут рассмотрены часто встречающиеся ошибки, которых необходимо избегать [14].

12.1. НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОНИМАНИЕ ПАРАМЕТРОВ

Параметры – это количественные показатели, используемые для описания и сравнения поверхности. Многообразие параметров, различное обозначение одного и того же параметра в зависимости от страны издания стандарта и года издания стандарта, различное содержание параметра под одним и тем же обозначением, подмена одного параметра другим – вот те проблемы, которые связаны с правильным назначением и пониманием нормированного параметра.

Таблица 12.1

Различные способы обозначения одного и того же параметра Ra 0,8.

Обозначение	Стандарт
32AA	ANSI B46.1-1962 (Американский стандарт, микро- дюймы)
32CLA	BS 1134-1961 (Британский стандарт, микродюймы)
0,8a	JIS B0601-1976 (Японский стандарт)
▽▽▽	JIS B0601-1976 DIN3141-1960
0,8 ▽▽▽	JIS B0601-1976(микрометры)
N6	ISO 1302-1978
CH 18	Charmilles–VDI 3400 (Швейцарский Корпоративный – Немецкий отраслевой стандарт)
0,8 $\sqrt{\quad}$	ASME Y14.36M-1996 ISO 1302-1978
$\sqrt{Ra0,8}$	ISO 1302-2002
32 $\sqrt{\quad}$	Американское обозначение (микродюймы)

В табл. 12.1 показаны различные способы обозначения одного и того же параметра R_a 0,8.

Наиболее проблемным является параметр R_z , который имеет не менее пяти различных определений[21].

1. Стандарты ИСО Р468-1996, ASME В46.1-1985, JIS В0601-1982.
Параметр был позднее переименован R_z (ISO).

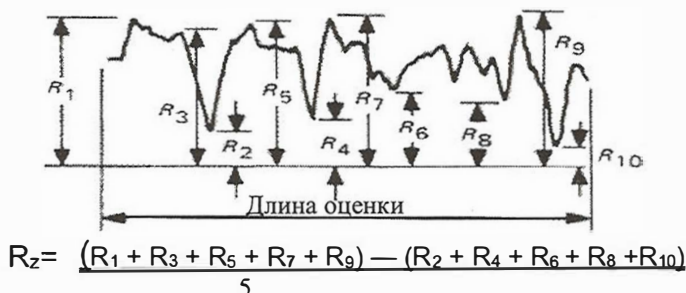


Рис. 12.1 Параметр R_z по ИСО Р468-1996, ASME В46.1-1985 JIS В0601-1982.

R_z – среднее расстояние по 10 точкам между пятью наивысшими пиками и пятью самыми глубокими впадинами в пределах длины оценки от нефiltroванного профиля (рис. 12.1).

2. Стандарты ИСО 468-1982, ASME В46.1-1985, ISO 4287/1-1984, JIS В0601-1994, ГОСТ 25142-82

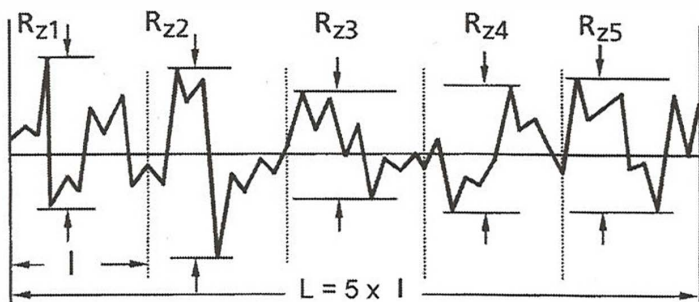


Рис. 12.2 Параметр R_z (ASME В46.1-1985, ISO 4287/1-1984, JIS В0601-1994, ГОСТ 25142-82)

R_z – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля шероховатости в пределах базовой длины (рис. 12.2).

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |Y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |Y_{vi}|}{5}$$

3. Стандарт ASME B46.1-1995, 2002; DIN 4762/1-1974, 1990
Параметр также известен как R_{tm} и $R_z(DIN)$ Среднее из максимальных расстояний между выступами и впадинами в каждой из пяти отсечек шага профиля шероховатости (рис. 12.3).



$$R_z = 1/n(R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + \dots + R_{zn})$$

Рис. 12.3 Параметр R_z (ASME B46.1-2002, DIN 4768/1-1974)

4. Стандарт ГОСТ Р ИСО 4287-2014, ИСО 4287:1997

R_z – сумма высот наибольшего пика и глубины наибольшей впадины профиля в пределах базовой длины профиля шероховатости (рис. 12.4).

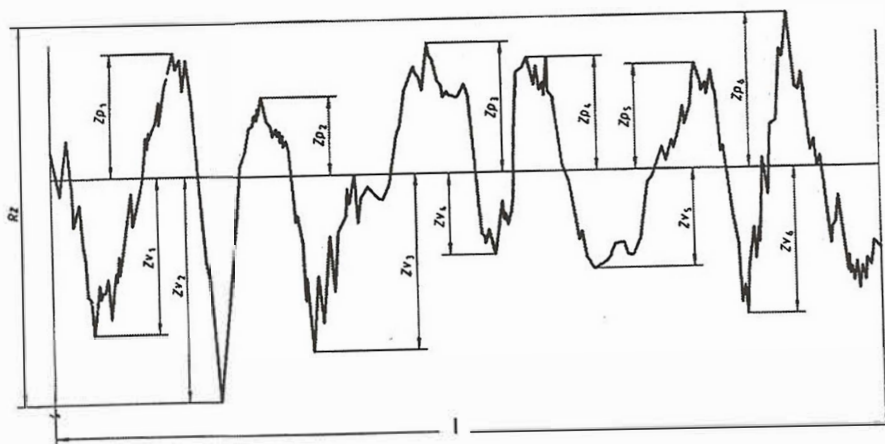
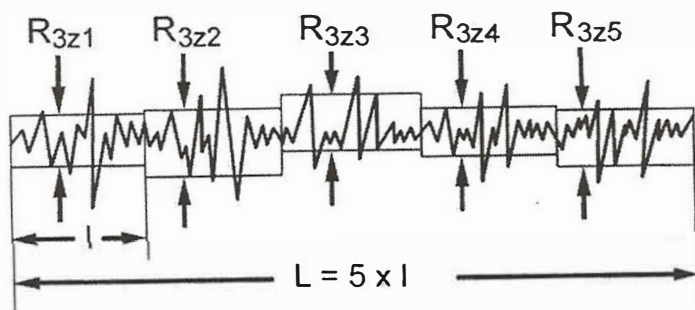


Рис. 12.4 Параметр Rz (ISO 4287:1997, ГОСТ Р ИСО 4287-2014),
“Ry” (ISO 4287-1984) Rmax в ГОСТ 2789-73



$$R_{3z} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{3z_i}$$

Рис.12.5. Параметр R_{3z} (Daimler Benz Corporate Standard N31007:1983)

5. Стандарт компании Daimler Benz Corporate Standard № 31007:1983- Модификация параметра Rz

R_{3z} – среднее расстояние между третьим наивысшим пиком и третьей наинизшей впадиной в пределах пяти базовых длин (рис. 12.5).

R_{3z} исключает из рассмотрения 2 наивысших выступа и 2 наинизших впадины, которые имеют слабое влияние на назначение поверхности. Это снижает нестабильность, свойственную таким высотным параметрам как Rz.

Недоразумения между параметрами шероховатости Ra и Rq является другой причиной ошибки. При измерении синусоидального профиля шероховатости $Rq = 1,11Ra$.

Некоторые производители приборов конвертацию параметров Rq и Ra в своих приборах обеспечивают при выше указанном соотношении.

С другой стороны, когда имеется в наличии прибор, позволяющий измерять только параметр Ra, а в чертежах указано Rq, многие пользователи приборов прибегают к пересчету значения параметра Rq, используя соотношение 1,11.

Но такая конвертация значений параметров, выполняется ли она автоматически или вручную, ведет к ошибке, если профиль шероховатости отличается от синусоидального. Ниже приведены соотношения параметров Rq и Ra в зависимости от вида обработки поверхности табл. 12.2

Таким образом, от некорректной конвертации параметров может возникнуть погрешность от 20 % до 200 %.

Следует еще раз сказать о недопустимости пересчета значений параметров Rz в Ra и наоборот, опираясь на одно из общепринятых соотношений значений этих параметров, так как соотношение значений Rz и Ra изменяется в зависимости от характера профиля поверхности.

**Соотношения параметров Rq и Ra в зависимости от
вида обработки**

Процесс	Rq/Ra
Точение	1,17...1,26
Фрезерование	1,16...1,40
Наружное шлифование	1,22...1,27
Внутреннее шлифование	1,26...1,28
Мягкое хонингование	1,29...1,48
Жесткое хонингование	1,50...2,10
Электроискровая обработка	1,24...1,27

12.2. НЕПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР ПРИБОРА

Как было показано выше, существуют две основные категории приборов для измерения текстуры поверхности: «опорные» и «безопорные». У опорных приборов щуп движется вверх и вниз относительно опоры, прикрепленной к основанию датчика, который перемещается вдоль профиля детали. Так как опора следует основному профилю детали, щуп регистрирует только высокочастотные характеристики неровностей поверхности или, другими словами, следы инструмента. Таким образом, опорные приборы предназначены только для измерения параметров шероховатости.

В безопорном приборе щуп движется относительно опорной поверхности, расположенной внутри привода прибора так, что он полностью отслеживает профиль поверхности, включая низкочастотные составляющие, такие как отклонение от прямолинейности и волнистость.

В опорных приборах могут применяться преобразователи, как пропорциональные скорости, так и смещению, в то время как в безопорных приборах могут применяться преобразователи только пропорциональные смещению.

Как часто происходит в реальной жизни, в погоне за экономией может быть приобретен прибор, не отвечающий необходимым требованиям.

При измерении отклонения от прямолинейности образующей цилиндра существует элемент неопределенности при выборе прибора: измерение может быть выполнено с помощью безопорного прибора или специального прибора с прецизионной направляющей и обычным наконечником. Большой радиус наконечника механически «отфильтрует» часть шероховатости и некоторые элементы волнистости, в то время как безопорный прибор с очень малым радиусом иглы зафиксирует все элементы профиля (шероховатость, волнистость, прямолинейность) и позволит затем отфильтровать шероховатость электронным путем. Если тип прибора специально не оговаривается, то результаты могут быть различными в зависимости от того, включается волнистость или нет.

Часто возникает необходимость измерения шероховатости на мягких материалах (пластмасса, цветные металлы, сплавы). Возникают опасения, что измерительный щуп будет царапать измеряемую поверхность. В таких случаях надо помнить, что:

- меньшее усилие щупа создает прибор с индуктивным преобразователем, а не пьезоэлектрическим;
- радиус иглы должен быть наибольшим, т.е. 10 мкм.

При измерении шероховатости на криволинейных поверхностях (сферы, радиуса) необходимо применять приборы с максимально большим диапазоном измеряемых неровностей. В обращении находятся профилометры с диапазоном измерений 25, 100, 150, 350 мкм.

При соответствующем диапазоне измерения шероховатости не происходит отрыва щупа от измеряемой поверхности во время измерения криволинейных поверхностей.

12.3. НЕСООТВЕТСТВИЕ ОТСЕЧКИ ШАГА

Отсечка шага является синонимом базовой длины, в пределах которой собираются данные для расчета параметров шероховатости. Для

некоторых поверхностей, чем больше отсечка шага, тем больше измеренная высота неровностей. Отсечка шага должна быть достаточно большой, чтобы набрать необходимый объем данных для измерения, но не слишком длинной, чтобы не попали в шероховатость элементы формы и волнистость поверхности. Правильно выбранная отсечка шага обычно включает от 10 до 15 элементов следов инструмента или шагов неровностей. Для большинства обработанных поверхностей значения отсечки шага выбирают из ряда 0,08; 0,25, 0,8, 2,5 мм при измерении шероховатости. Нельзя путать отсечку шага с длиной трассирования, которая является полным расстоянием, которую проходит шуп во время измерения. В некоторых цеховых приборах, например Pocket Surf применяют только одну отсечку шага 0,8 мм. Это упрощает процедуру измерения, т.к. это значение отсечки шага - самое распространенное для механически обработанных поверхностей.

Если на чертеже указано значение отсечки шага следует измерять шероховатость именно на этой отсечке шага.

Стандарт ISO 4288 устанавливает стандартную длину оценки, состоящую из пяти отсечек шага. Однако может быть использовано и меньшее число отсечек шага, если измеряемая поверхность слишком мала.

Для стабильных, устойчивых технологических процессов можно допустить применять число отсечек шага меньше пяти, но в отчете о результатах измерения обязательно надо указывать число отсечек шага, если оно меньше пяти.

12.4. НЕОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ФИЛЬТРА

Сигнал, генерируемый преобразователем прибора, проходит через электрический (электронный) фильтр. Каждый фильтр (старый или современный) неизбежно модифицирует выявленный профиль поверхности. Так как каждый тип фильтра генерирует свой результат, то те-

перь стандарты ИСО рекомендуют при нормировании параметров текстуры поверхности указывать и тип фильтра. Фильтры 2RC и 50 % Гауссов являются фильтрами общего применения.

Для оценки некоторых специфических поверхностей, таких как плоскохонингованная поверхность «зеркала» цилиндра или пористые материалы, целесообразно использовать специальный фильтр, такой как фильтр подавления впадин. При измерении шероховатости на криволинейных поверхностях с малым радиусом кривизны надо применять сплайн фильтр.

12.5. ПРИМЕНЕНИЕ НЕПОДХОДЯЩЕЙ ИГЛЫ

Иглы приборов изготавливаются с тремя стандартными радиусами: 2 мкм, 5 мкм, 10 мкм. Игла с большим радиусом будет неспособна ощупывать впадины небольших неровностей, отчего увеличится погрешность измерения рис. 12.6. С другой стороны, радиус иглы может оказаться слишком мал для мягкой поверхности и под действием

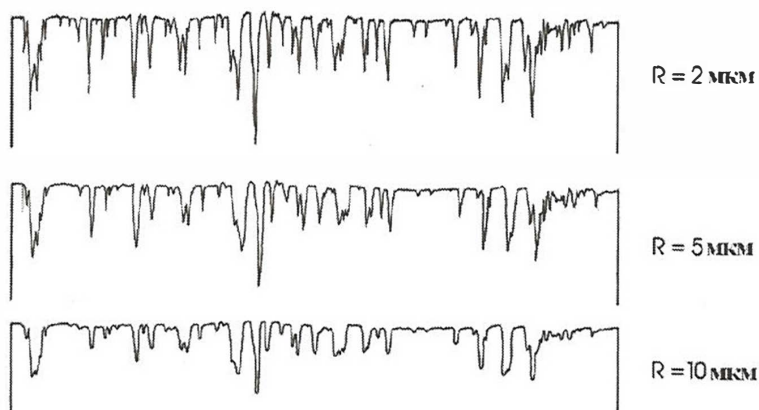


Рис. 12.6 Влияние радиуса иглы на результаты измерения профиля

измерительного усилия оставит царапины на поверхности детали. К тому же различные измерительные приборы имеют разные измерительные усилия. Приборы с пьезоэлектрическими преобразователями имеют измерительное усилие больше, чем приборы с индуктивными преобразователями. Пластмасса, резина, графит, медь, алюминий и мягкие сплавы требуют внимательного выбора, как радиуса иглы так и типа преобразователя, чтобы не повредить поверхность и не увеличить неопределенность измерений.

12.6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕННОЙ ИГЛЫ

Также, как и игла большого радиуса, игла с поврежденной вершиной не будет ощупывать впадины наиболее мелких неровностей и будет увеличивать погрешность измерения. Повреждение или скол иглы может быть обнаружен при калибровке щупа по специальному эталону. Повреждение иглы может проявиться в виде царапин на измеряемой поверхности или при неожиданных результатах измерений.

12.7. НЕУЧИТЫВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НЕРОВНОСТЕЙ

Большинство технологических процессов оставляют на поверхности детали следы инструмента, которые направлены определенным образом. При измерении параметров шероховатости необходимо, чтобы трассирование поверхности прибором происходило в направлении перпендикулярном направлению неровностей. Отступление от этого правила может существенно изменить результат измерения, что показывает следующий пример.

Производитель стальных пластин столкнулся с тем, что шероховатость щуповых пластин стала не соответствовать требованиям ГОСТ. Пластины вырубались из холоднокатаной ленты, поставляемой сталепрокатным заводом по схеме, указанной на рис. 12.7

Лента прокатывалась на устаревшем оборудовании и быстро улучшить ее качество по шероховатости не представлялось возможным. Улучшить шероховатость на сотнях тысяч пластин – резкое увеличение трудоемкости.

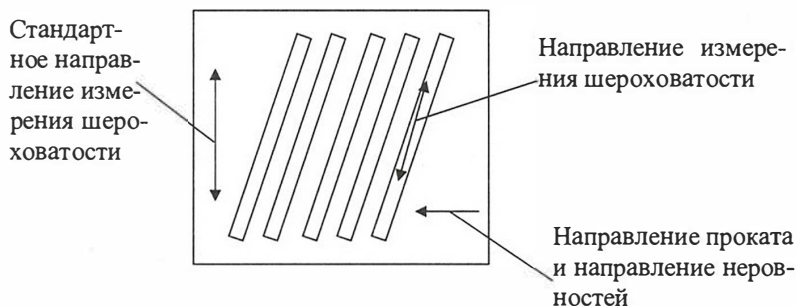


Рис. 12.7. Схема вырубki щуповых пластин и направление измерения

Производитель щупов принял такое решение – указал на чертеже направление измерения шероховатости вдоль пластины, что соответствовало применению щуповой пластины. Этого небольшого отклонения от 90^0 градусов оказалось достаточно, чтобы пластины стали соответствовать стандарту по шероховатости.

Некоторые технологические процессы, такие как электроискровая обработка, объемное прессование не создают явно выраженного направления неровностей. В таких случаях необходимо делать два измерения под углом 90^0 одно к другому, чтобы выявить наличие направления неровностей с максимальной амплитудой.

12.8. ВКЛЮЧЕНИЕ В РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЙ ИЗЪЯНОВ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхности деталей могут иметь изъяны, которые не вызваны технологическим процессом. Детали могут также иметь дефекты. Так

как приборы предназначены для исследования и подтверждения стабильности технологических процессов, то изъяны и дефекты поверхности должны быть исключены при измерении.

Это может быть выполнено выбором участка трассирования, где отсутствуют изъяны или дефекты, или компьютерной обработкой профиля, которая позволяет удалить из профиля не характерные для шероховатости сегменты.

12.9 ПРЕНЕБРЕЖЕНИЕ К ВЫРАВНИВАНИЮ ПРИБОРА ОТНОСИТЕЛЬНО НАПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ

Эта проблема актуальна для безопорных приборов, когда датчик прибора должен быть обязательно выставлен относительно детали. При измерении чистых поверхностей с большим увеличением перед выставлением прибора выполняется пробное измерение, компьютер указывает, сколько надо сделать оборотов на винте настройки механизма прибора. Когда настройка выполнена в требуемом диапазоне, компьютер обеспечивает окончательное нивелирование, компенсируя остаточное несоответствие после того, как измерение выполнено.

12.10. ИГНОРИРОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ

Многие измерительные приборы применяются в производственных условиях, где вибрации от оборудования, могут накладываться на измерительный сигнал. К вибрациям особенно чувствительны безопорные приборы. Некоторые безопорные приборы имеют встроенную функцию “статический режим”, чтобы оценить эти условия. Во время трассирования привод выключается, а шуп остается в контакте с поверхностью – любой генерируемый сигнал в приборе – результат вибрации окружающей среды.

Влияние вибрации может быть уменьшено или ограничено, если прибор располагать около несущей стены здания, положить виброизолирующие прокладки под прибор, применять виброизолирующий стол

и вообще вынести прибор из неблагоприятной зоны. Лучше всего, если это возможно, устранить источник вибрации.

12.11. НЕДОПОНИМАНИЕ ВАЖНОСТИ ЮСТИРОВКИ

При применении простых приборов для измерения шероховатости особенно с пьезоэлектрическим преобразователем необходимо периодически осуществлять юстировку с помощью эталонных мер шероховатости. Обычно применяют эталоны с треугольным или синусоидальным профилем. Если прибор показывает значение параметра, отличное от значения эталона, то соответствия добиваются регулировкой потенциометра или изменением масштаба показаний.

Пьезоэлектрические профилометры требуют более частого проведения юстировки, а приборы с индуктивным преобразователем устойчиво сохраняют юстировку.

12.12. РАЗЛИЧИЕ В ПОНЯТИЯХ ПОГРЕШНОСТИ ПРИБОРА И ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИБОРОМ

Для приборов, результат измерений которых зависит от самого измеряемого объекта (это относится и к приборам, измеряющим шероховатость поверхности), вводится понятие «основная погрешность прибора», которая отличается от понятия «погрешность измерений» прибором.

Основная погрешность прибора нормируется в нормальных условиях согласно ГОСТ 8.050-73 при нормированном входном воздействии (заданном профиле эталонной меры).

В приборах для измерений шероховатости основная погрешность прибора нормируется в процентах (3 - 5 %) и задана на одном из эталонов, например, Ra 0,63, считая, что на всем диапазоне измерения преобразователя коэффициент усиления линеен.

Если основная погрешность прибора 3 %, то это не значит, что погрешность измерений параметров шероховатости технической поверхности будет такой же.

Понятие основной погрешности вводится, чтобы обеспечить единство передачи размера от эталонов рабочим приборам при поверке и сопоставимость метрологических характеристик приборов, выпускаемых различным и производителями.

При измерении шероховатости сама измеряемая поверхность, имеющая случайный характер, существенно влияет на результат измерений прибором.

Для оценки погрешности измерений параметров шероховатости технических поверхностей щуповыми приборами в России действуют Методические указания МИ 939-85 «ГСИ. Методика оценки погрешности измерений параметров шероховатости щуповыми приборами».