

Министерство высшего и среднего
специального образования Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ
ПРИ ТОЧЕНИИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ
ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Методические указания

Разработал доц. З а й ц е в В.М.

Куйбышев 1981

УДК 621.9.(075)

В методических указаниях приведены основные понятия и характеристики шероховатости, методика и порядок выполнения экспериментов и обработки полученных результатов. Дано описание приборов, применяющихся для измерения характеристик шероховатости.

Методические указания предназначены для студентов технологической специальности. Они могут быть полезны при курсовом и дипломном проектировании.

Рецензент А.В. Т а р а с о в

Утверждены редакционно-издательским советом института I2/ХП-80 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Шероховатость поверхности является важнейшим показателем качества поверхностного слоя, в значительной мере определяющим эксплуатационные свойства деталей машин (усталостную прочность, износостойкость, контактную жесткость, обтекаемость поверхностей, смазываемость, отражаемость волн и др.).

Установлено, что для различных условий эксплуатации имеются свои оптимальные сочетания характеристик шероховатости. Одна и та же характеристика может оказывать различное влияние на эксплуатационные свойства деталей машин. Наиболее полно изучено влияние высотных характеристик шероховатости, влияние других характеристик (S , S_m , t_p и др.) изучено значительно слабее. Установлено, что с уменьшением R_a , R_z и R_{max} увеличивается усталостная и ударная прочность, износостойкость, контактная жесткость, коррозионная устойчивость, надежность посадок, ухудшается смазываемость. При уменьшении S и S_m возрастает износостойкость, контактная жесткость поверхности, надежность посадок, смазываемость, герметичность, заполняемость профиля металлом, снижается усталостная прочность (при одной и той же величине R_{max} , R_z и R_a), ухудшается коррозионная устойчивость. С увеличением t_p увеличивается контактная жесткость поверхности, износостойкость, прочность соединений; уменьшается усталостная прочность и малоцикловая выносливость. Большое влияние на эксплуатационные свойства оказывают Z_{fn} , Z_f , ψ и направление рисок обработок, являющихся концентраторами напряжений. Установлено - чем меньше значение Z_{fn} , тем ниже усталостная и ударная прочность, чем больше Z_f и меньше ψ , тем выше износостойкость. Поперечное направление рисок обуславливает снижение усталостной прочности, причем более значительное, чем продольное, и оказывает существенное влияние на условия трения и износа.

При граничном трении с малой высотой шероховатости и совпадении направления рисок и скорости движения схватывание и износ больше, чем при их перпендикулярном пересечении. Для поверхностей с большой шероховатостью, когда процессы схватывания сказываются меньше, параллельное направление рисок дает наименьший износ. При сочетании поверхностей с одинаковым направлением рисок и перпендикулярным направлением скорости коэффициент трения и износ максимальны. При перпендикулярном направлении штрихов или беспорядочном их расположении коэффициент трения минимален.

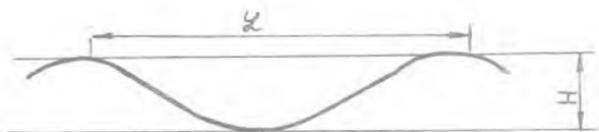
Высота, форма и направление неровностей при обработке металлов лезвийным инструментом зависят от траектории относительного движения режущего лезвия и обрабатываемой детали, геометрии и состояния износа режущей части инструмента, режимов резания, химического состава и способов применения смазывающе-охлаждающих жидкостей, механических и физико-химических свойств обрабатываемого и инструментального материалов.

Методики выбора наиболее выгодного режима резания при чистовой обработке [1] предполагают в качестве лимитирующего фактора характеристики шероховатости. Влияние геометрии заточки инструмента (переднего и заднего углов, геометрии в плане) и его износа на различные характеристики шероховатости учитывается при выборе (конструировании) режущего инструмента, назначении величины допускаемого его износа. Количественные связи между характеристиками шероховатости и факторами, их определяющими, устанавливаются экспериментально с помощью специальной измерительной аппаратуры [2], [3]. Целью лабораторной работы является освоение методики и приобретение практических навыков выполнения исследований, позволяющих устанавливать такие зависимости.

1.1. Характеристики шероховатости (ГОСТ 2789-73)

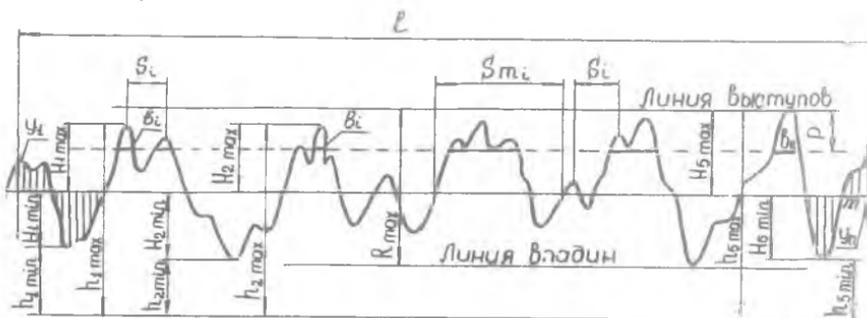
Шероховатость обработанной поверхности — совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности и рассматриваемых в пределах базовой длины. Согласно ГОСТу 2789-73 базовая длина $l = 0,08-8$ мм. Отношение $\frac{l}{H} \ll 50$ (рис. 1). Величина $H = 0,025-1600$ мм.

Для количественной оценки шероховатости согласно ГОСТу 2789-73 применяются следующие характеристики: R_z — высота профиля по де-

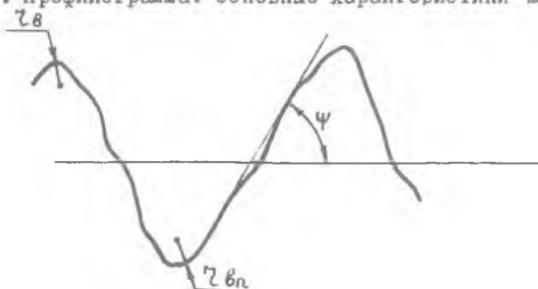


Р и с. 1. Элементы отклонения от плоскости

сяти точкам; R_a - среднеарифметическое отклонение профиля; $R_{макс}$ - наибольшая высота профиля; S_m - средний шаг неровностей по средней линии; S - средний шаг профиля по вершинам; t_p - относительная опорная длина профиля, где P - числовое значение уровня сечения профиля в % от $R_{макс}$ (рис. 2). Кроме указанных в качестве дополнительных нерегламентируемых ГОСТом характеристик применяются: направление неровностей (табл. I), радиусы впадины - $r_{вп}$ и вершины $r_{вв}$; угол наклона сторон ψ (рис. 3).



Р и с. 2. Профиллограмма. Основные характеристики шероховатости



Р и с. 3. дополнительные (нерегламентируемые) характеристики шероховатости

Типы направлений неровностей поверхности и их условные обозначения на чертежах приведены в табл. I.

1.2. Определение основных характеристик и понятий, приведенных в ГОСТе 2789-73

Базовая линия - линия, от которой производится отсчет ординат профиля.

Средняя линия профиля " *m-m* " - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

Линия выступов - линия, эквидистантная средней линии, проходящая через наивысшую точку профиля в пределах базовой длины.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a - среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где ℓ - базовая длина; $|y|$ - абсолютное значение отклонения профиля от средней линии.

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z - сумма средних арифметических абсолютных значений отклонений точек пяти наибольших минимумов ($H_{i\text{мин}}$) и пяти наибольших максимумов ($H_{i\text{макс}}$) в пределах базовой длины от средней линии:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i\text{макс}}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i\text{мин}}| \right).$$

Для средней линии, имеющей форму отрезка прямой,

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i\text{макс}} - \sum_{i=1}^5 h_{i\text{мин}} \right).$$

Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\text{макс}}$ - расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля S_m - среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

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

где S_{m_i} - шаг неровностей; n - число шагов в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля по вершинам S - среднее арифметическое значение шага неровностей по вершинам в пределах базовой длины:

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

где S_i - шаг неровностей по вершинам в пределах базовой длины.

Числовые значения параметров R_a , R_z , $R_{\text{макс}}$, S_m и S приведены в табл. 2.

Относительная опорная длина профиля t_p - отношение опорной длины профиля l_p к базовой длине, выраженное в процентах:

$$t_p = \frac{l_p}{l} 100\%,$$

где l_p равна сумме длин отрезков b_i в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне в материале выступов профиля линией, эквидистантной средней линии, т.е.

$$l_p = \sum_{i=1}^n b_i,$$

где n - число отсекаемых отрезков b_i .

Опорная длина профиля l_p определяется на так называемом уровне сечения профиля R , т.е. на заданном расстоянии между линией выступов и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов.

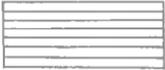
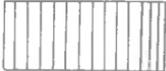
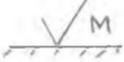
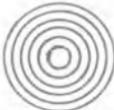
Значение уровня сечения профиля отсчитывается от линии выступов в процентах к наибольшей высоте неровностей профиля $R_{\text{макс}}$, т.е.

$$R = \frac{R}{R_{\text{макс}}} 100\%,$$

где R и $R_{\text{макс}}$ выражены в мкм.

Таблица I

Типы направлений неровностей

Направление неровностей	Схематическое изображение неровностей	Условные обозначения
Параллельное		
Перпендикулярное		
Переключающееся		
Произвольное		
Круговое		
Радиальное		

Числовые значения t_p и p выбираются из ряда $t_p, \%$:
10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90;

$p, \%$: 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

Числовые значения базовой длины l выбираются из ряда:
0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

1.3. Методы установления количественных связей между характеристиками шероховатости и условиями резания

Влияние условий резания на характеристики шероховатости $X_{ш}/R_z$, R_a , $R_{макс}$, S , S_m , t_p / в общем случае может быть представлено зависимостью вида

$$X_{ш} = f(\varphi, \varphi_1, z, \gamma, \alpha, \lambda, h_3, j, t, S, v, СОЖ, ОМ, ИМ...),$$

где $X_{ш}$ - характеристика шероховатости; $\varphi, \varphi_1, z, \gamma, \alpha, \lambda, h_3$ - углы, радиус закрепления вершины и износ реза; j - жесткость системы "СПИД"; t, S, v - глубина, подача и скорость резания; СОЖ - смазывающе-охлаждающая жидкость; ОМ, ИМ - обрабатываемый и инструментальный материал.

Теоретическим путем точные количественные зависимости подобного типа даже при ограниченном числе факторов пока установить не удается.

Рядом исследователей при значительных упрощениях (считая деталь и инструмент абсолютно жесткими) получены зависимости для определения расчетным путем величины остаточных гребешков $H_{макс}$ с учетом геометрии инструмента в плане и подачи применительно к наружному точению резцом с острой и загруженной вершиной, цилиндрическому фрезерованию и др.

Так, применительно к точению резцом с острой вершиной предложена зависимость $H_{макс} \approx S_0 \frac{tg \varphi + tg \varphi_1}{tg \varphi tg \varphi_1}$.

Для реза с закругленной вершиной $H_{макс} \approx \frac{S_0^2}{8z}$.

Однако специальными исследованиями установлено, что

$$R_z > H_{макс.расч}; \quad R_z = H_{макс.расч} + \Delta H_{упр} + \Delta H_{пл} + \Delta H_{схв},$$

где $\Delta H_{упр}$ - увеличение, обусловленное упругим восстановлением обработанной поверхности;

- $\Delta H_{пл}$ - увеличение, обусловленное пластическим течением материала в направлении к вершине реза;
 $\Delta H_{схв}$ - увеличение, обусловленное процессами схватывания, заедания, возникновением задиrow.

Аналогичные и другие причины оказывают соответствующее влияние и на остальные характеристики шероховатости. Поэтому более надежными являются зависимости, полученные экспериментальным путем. Методика их установления приведена ниже.

2. МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ШЕРОХОВАТОСТИ И ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ УСЛОВИЯМИ РЕЗАНИЯ

Экспериментальная связь между интересующей характеристикой шероховатости и изменяющимися условиями резания (t , S_0 , φ° , φ_1° , z и др.) применительно к наружному точению обычно представляется в виде

$$X_{ш} = C_{X_{ш}} t^x S_0^y \varphi^{0z} z^n. \quad (1)$$

Если эту зависимость прологарифмировать, то получим

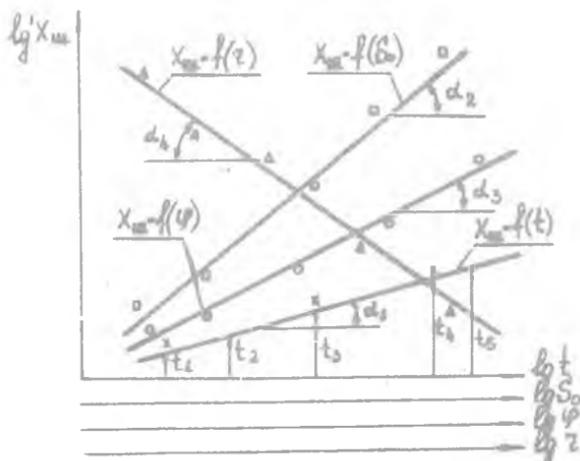
$$\lg X_{ш} = \lg C_{X_{ш}} + x \lg t + y \lg S_0 + z \lg \varphi^\circ + n \lg z. \quad (2)$$

Правая часть уравнения (2) представляет сумму частных зависимостей, каждая из которых в логарифмических координатах изображается соответствующей прямой линией, проходящей под некоторым углом (α_1 , α_2 , α_3 , α_4) к оси, содержащей изменяющийся параметр (t , S_0 , φ° или z).

Тангенс угла наклона этих прямых численно равен показателю степени при соответствующем параметре (рис. 4) $X = \lg \alpha_1$, $Y = \lg \alpha_2$ и т.д.

Величина $C_{X_{ш}}$, отражающая влияние обрабатываемого и инструментального материалов и другие неизменяющиеся условия проведения экспериментов, определяется как среднеарифметическое значение из рассчитанных по известным для каждого опыта значениям $X_{ш_i}$, t_i , S_{0i} , φ_i° , z_i :

$$C_{x_{ii}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{x_{ii}}}{n} \quad (3), \quad \text{где } C_{x_{ii}} = \frac{X_{ii}}{\bar{x}_i^2 S_{0i}^2 y_i^2 z_i^2}$$



Р и с. 4. Схема определения показателей степеней при изменяющихся параметрах

3. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕРОХОВАТОСТИ

Для установления количественных значений характеристик шероховатости применяются два метода:

1. Контактный - с применением оцупывающих поверхность приборов (профилографы, профилометры).

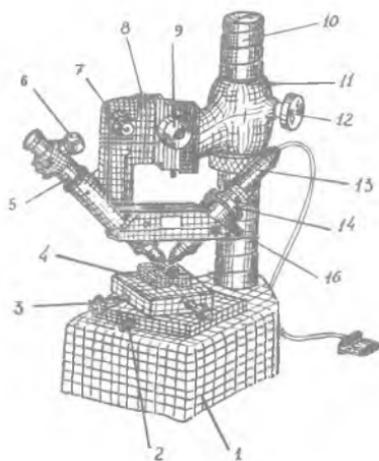
2. Бесконтактный - с применением оптических приборов (двояной микроскоп, микроинтерферометр) или визуальный осмотр с помощью эталонных образцов.

Среди измерительных устройств первой группы наибольшее распространение имеет профилограф-профилометр модели 202.

Действие прибора основано на принципе ощупывания контролируемой поверхности алмазной иглой с радиусом закругления 2-4 или 10-12 мкм и преобразования перемещений иглы в изменение напряжения за счет изменения индуктивного сопротивления. Этот прибор позволяет оценивать шероховатость поверхности по R_a на базовых длинах от 0,08 до 2,5 мм в пределах 5-14 классов, когда он используется как профилограф, и в пределах 5-12 классов, когда он используется в качестве профилометра. Погрешность показаний в измерительном режиме составляет $\pm 10\%$.

Вертикальное увеличение прибора равно 1000-200.000, горизонтальное - 2 - 4000. Измерительное усилие прибора составляет 0,001 Н (0,1 г), что позволяет измерять шероховатость без повреждения поверхности деталей с покрытиями, из цветных материалов и неметаллических материалов. В настоящее время промышленностью освоена новая, более совершенная модель 252, позволяющая получать большее число характеристик.

Наиболее распространенным прибором второй группы является двойной микроскоп МИС-II. Общий вид прибора дан на рис. 5. Принцип



Р и с. 5. Общий вид микроскопа МИС-II: 1-основание; 2-стопорный винт предметного столика; 3-микровинт линейного перемещения предметного столика; 4 - предметный столик; 5-визуальный микроскоп (тубус); 6-винт перемещения нитей микроскопа; 7 - винт тонкой настройки; 9-винт грубой настройки; 10-стойка; 11-кронштейн; 12-стопорный винт кронштейна; 13-осветительный тубус; 14-маховичок регулирования фокусного расстояния; 15-гайка для установки кронштейна; 16-винт регулирования положения оси осветительного тубуса

работы прибора основан на пересечении контролируемой поверхности "световой плоскостью" - тонким плоским световым пучком, образующим-

ся в осветительном тубусе - микроскопе И3, и измерении параметров линии пересечения с помощью специального устройства, расположенного в измерительном тубусе 5. Повреждаемость контролируемой поверхности практически отсутствует.

Этот прибор используется для измерения параметров шероховатости R_z , R_{max} и S . Пределы измерения R_z составляют от 1,6 до 80 мкм.

Описание устройств указанных приборов приведено в [2], [3].

4. ПОРЯДОК (ПРОВЕДЕНИЕ) ОБРАБОТКИ ПРОФИЛОГРАММ

Профилограмма представляет собой несколько искаженное, увеличенное в вертикальном и горизонтальном направлениях в различное число раз графическое изображение контролируемой поверхности. При обработке профилограммы необходимо придерживаться следующего порядка.

Определение R_a : Значение этого параметра находят по формуле

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i) 10^3}{B y_0 N}, \text{ мкм},$$

где y_i - измеренное отклонение профиля в дискретных точках, мм;

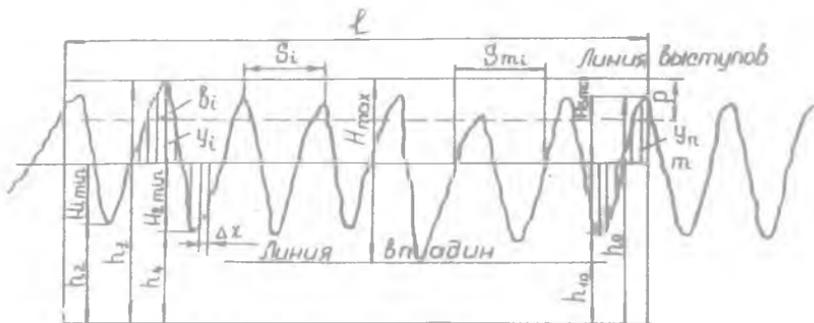
N - число измеренных отклонений профиля;

B, y_0 - вертикальное увеличение прибора.

Для определения y_i на участке профилограммы с базовой длиной (умноженной на горизонтальное увеличение) проводят среднюю линию профиля так, чтобы площади по обеим сторонам от нее были примерно равны между собой (рис. 6).

Выбирают определенный шаг дискретизации Δx и измеряют отклонение профиля y_i в мм.

Определение R_z : Для определения R_z проводят базовую линию вне профиля (допускается также через его максимальный выступ или максимальную впадину) параллельно общему направлению профилограммы (средней линии) на участке, определяемой базовой длиной.



Р и с. 6. Профилограмма поверхности

Измеряют расстояние от пяти наибольших максимумов до базовой линии $h_{i \max}$ и от пяти наибольших минимумов до базовой линии $h_{i \min}$ в мм.

Значение параметров R_z находят по формуле

$$R_z = \frac{1}{5 \text{ ВУ}} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i \max} - \sum_{i=1}^5 h_{i \min} \right) 10^3, \text{ мкм.}$$

Определение R_{\max} : Для нахождения этого параметра через наивысшую и наимизшую точки профиля проводят линию выступов и линию впадин профиля. Значение параметров R_{\max} находят по формуле

$$R_{\max} = \frac{(\max h_{\max} - \max h_{\min}) \text{ мм}}{\text{ВУ}}, \text{ мкм.}$$

Определение t_p : Относительная опорная длина профиля t_p - отношение опорной длины профиля l_p к базовой длине l в процентах:

$$t_p = \frac{l_p}{l} 100,$$

где l - горизонтальное увеличение прибора:

Определение S_m и S : Параметр S_m находят по формуле

$$S_m = \frac{1}{l \text{ У}} \sum_{i=1}^n S_{m i}, \text{ мм,}$$

где $l \text{ У}$ - горизонтальное увеличение прибора;

n - число шагов неровностей профиля.

Значение параметров S находят по формуле

$$S = \frac{1}{l \text{ У}} \sum_{i=1}^n S_i, \text{ мм,}$$

где S_i - шаги неровностей профиля по вершинам, мм;

n - число шагов неровностей профиля по вершинам.

5. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕРОХОВАТОСТИ НА ДВОЙНОМ МИКРОСКОПЕ МИС-11

Настройка прибора для измерения проводится в следующем порядке. С помощью эталонов определяют приблизительно класс чистоты проверяемой поверхности. По табл. 2 определяют базовую длину, с помощью табл.3 - фокусное расстояние объектива. Устанавливают сменный объектив в микроскоп. Располагают предметный столик так, чтобы ось одного из его микровинтов 3 была перпендикулярна плоскости, проходящей через оси микроскопов (тубусов). Устанавливают деталь или приспособление с деталью на предметном столике 4 так, чтобы направление обработочных рисок - неровностей контролируемой поверхности было параллельно плоскости, проходящей через оси микроскопов.

С помощью гайки 15 на столике 10 устанавливают микроскопы так, чтобы зазор между проверяемой поверхностью и нижними точками объектов составлял примерно 15-20 мм.

Затем проводят тонкую настройку, перемещая раму 8 с помощью расположенных на ней винтов 7 и 9 до тех пор, пока в окуляре будет четко виден участок проверяемой поверхности. Включают прибор в электросеть, фокусируют осветительный микроскоп специальной гайкой 14, добиваясь наименьшей толщины световой полосы.

П р и м е ч а н и е. Винтом 16, регулирующим угловое перемещение оси осветительного микроскопа, во избежание разрегулирования микроскопа пользоваться не рекомендуется. Для измерения высоты неровностей окулярный микрометр поворачивают вокруг оси так, чтобы горизонтальная нить была параллельна направлению неровностей. Поворотом барабанчика 6 последовательно совмещают нить с вершинами пяти наиболее высоких выступов h_1, h_3, h_5, h_7, h_9 и наиболее низких впадин $h_2, h_4, h_6, h_8, h_{10}$ в пределах базовой длины. Записывают показания: сотни делений по шкале, видимой в окуляре, десятки и единицы - по шкале барабанчика 6.

Т а б л и ц а 2

Классы шероховатости поверхности

Классы шероховатости поверхности	Разряды	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина, мм
		R_a	R_z	
1 2 3	- - -	- - -	от 320 до 130 ВКЛ от 160 до 80 ВКЛ от 60 до 40 ВКЛ	8,0
4 5	- -	- -	от 40 до 20 ВКЛ от 20 до 10 ВКЛ	2,5
6	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	от 2,5 до 2,0 ВКЛ от 2,0 до 1,6 ВКЛ от 1,6 до 1,25 ВКЛ	- - -	
7	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	от 1,25 до 1,0 ВКЛ от 1,00 до 0,80 ВКЛ от 0,80 до 0,63 ВКЛ	- - -	0,8
8	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	от 0,63 до 0,50 ВКЛ от 0,50 до 0,40 ВКЛ от 0,40 до 0,32 ВКЛ	- - -	
9	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	от 0,32 до 0,25 ВКЛ от 0,25 до 0,20 ВКЛ от 0,20 до 0,16 ВКЛ	- - -	
10	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	от 0,160 до 0,125 ВКЛ от 0,125 до 0,100 ВКЛ от 0,100 до 0,080 ВКЛ	- - -	0,25
11	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	от 0,80 до 0,63 ВКЛ от 0,063 до 0,050 ВКЛ от 0,050 до 0,040 ВКЛ	- - -	
12	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	от 0,40 до 0,032 ВКЛ от 0,032 до 0,025 ВКЛ от 0,025 до 0,020 ВКЛ	- - -	
13	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	-	от 0,100 до 0,080 ВКЛ от 0,080 до 0,063 ВКЛ от 0,063 до 0,050 ВКЛ	0,08
14	<i>a</i> <i>б</i> <i>в</i>	-	от 0,05 до 0,04 ВКЛ от 0,04 до 0,032 ВКЛ от 0,32 до 0,025 ВКЛ	

цена деления

Фокусное расстояние объектива, мм	25,02	13,89	8,16	4,25
Цена деления барабанчика окулярного микрометра, мкм	1,7	0,93	0,55	0,29
Высота неровностей D , для которой рекомендуется объектив	80-20	20-10	10-3,2	3,2-1,6

Величина R_z определяется по формуле

$$R_z = CE \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}, \text{ мкм},$$

где E - цена деления барабанчика окулярного микроскопа, определяемая по табл. 4;

C - коэффициент, учитывающий, что высота неровностей измерялась в сечении, расположенном под углом 45° к контролируемой поверхности и по отношению к направлению линий, его образующих (вертикальной или горизонтальной);

$C = 0,7$ при перемещении перекрестия параллельно одной из его линий;

$C = 0,5$ при перемещении перекрестия под углом 45° к направлению его линий.

Для нахождения R_{\max} выбирают наибольшие значения h_{\max} и h_{\min} . Значения R_{\max} находят по формуле

$$R_{\max} = CE(h_{\max} - h_{\min}), \text{ мкм}.$$

Для определения S измеряют шаги неровностей профиля по вершинам S_i в пределах базовой длины. Для этого перекрестие с помощью барабанчика 6 перемещается так, чтобы вертикальная линия последовательно проходила через все вершины:

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

где S_i - шаг между соседними вершинами;
 n - число шагов неровностей профиля по вершинам;
 $C = 0,7$ при перемещении перекрестия под углом 45° ;
 $C = 1$ при перемещении перекрестия параллельно направлению измерения шагов.

6. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Задачей, которая решается в процессе выполнении лабораторной работы, является установление зависимости типа (I) для одной из характеристик шероховатости. Предпочтительны высотные характеристики профиля - R_z , R_a и R_{\max} , а также S . В качестве изменяющихся условий резания применяются подача и геометрия проходного резца в плане φ° , φ_1° и z . Остальные условия резания (станок обрабатываемый и инструментальный материал, передний и задний углы, угол наклона главной режущей кромки, износ резца, глубина и скорость резания, состав и способ применения СОЖ) остаются неизменными. Для сохранения постоянной жесткости системы СПИД необходимо выдерживать постоянство вылета резцов, проводить обработку резцами одной формы с одинаковым поперечным сечением державки. Образцы должны быть одной длины и по возможности одинаковых диаметров. Должно быть выдержано соотношение $\frac{t}{d} \ll 10$ после последнего прохода. Каждая серия опытов выполняется на одном и том же образце. Выполнение опытов, входящих в одну серию, на разных образцах не допускается.

Серия опытов $X_{ш} = f(\varphi \text{ или } \varphi_1)$ выполняется при переменном угле φ или φ_1 резцами с острой вершиной, т.е. $z = 0$; $\gamma = \alpha = 0$; $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; φ или φ_1 остаются постоянными и равны 45° ; $t = 1$; $S_0 = 0,3$, $v = 20-40$ м/мин. Серия опытов $X_{ш} = f(S_0)$ выполняется при переменной подаче $S_0 = S_1 - S_2 - S_3 - S_4 - S_5$ резцом с закругленной вершиной с постоянным радиусом закругления. Предпочтительным является $z = 1$; $\varphi = \varphi_1 = 45$. Остальные условия такие же, как и в первой серии.

Серия опытов $X_{ш} = f(z)$ выполняется при переменном радиусе закругления $z = z_1 - z_2 - z_3 - z_4 - z_5$ резцами с $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$; $S = 0,3$ мм/об. Остальные условия такие же, как и в первой серии.

Износ резцов во всех случаях $h_3 \leq 0,05$ мм. Обрабатываемый материал: авиационные материалы и стали общего назначения. Материал резца: ВК8, Т15К6.

Примерный план и условия проведения экспериментов приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Примерный план и условия проведения экспериментов

Изменяющиеся параметры	Серии опытов и условия их проведения														
	$X_{ш} = f(z)$					$X_{ш} = f(\varphi)$					$X_{ш} = f(S_0)$				
	I	2	3	4	5	I	2	3	4	5	I	2	3	4	5
z , мм	0	0,5	1,0	1,5	2,0										
φ°	45					15	30	45	60	75	45				
φ_1°	45					45					45				
S_0 , мм/об	0,3					0,3					0,1	0,15	0,2	0,25	0,3

Рекомендуемая величина изменяющихся параметров приведена в табл.5.

Т а б л и ц а 5

Рекомендуемые значения параметров

Изменяющиеся параметры	Рекомендуемые значения изменяющихся параметров
z , мм	0,5 - 1,0 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3,0
φ°	15 - 30 - 45 - 60 - 75 - 90
φ_1°	5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 45
S_0 , мм/об	<0,1 - 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5

После операции точения образец аккуратно снимается со станка и устанавливается в специальное приспособление для проведения измерений или снятия профилограммы с помощью двойного микроскопа МИС-II или профилографа - профилометра ВЭИ-Калибр - 202.

Методика проведения измерений характеристик шероховатости и обработки профилограмм кратко приведена в п. 3, более подробно - в [2].

Результаты промежуточных измерений (определения) величин исследуемой характеристики шероховатости вносятся в тетрадь. Осредненные значения замеренных величин исследуемой характеристики для каждого изменяющегося условия резания посерийно заносятся в протокол исследований (приложение 1).

Строятся графики частных зависимостей в двойных логарифмических координатах. Определяются показатели степеней при переменных условиях (факторах) резания и постоянный коэффициент $C_{x,ш}$ (приложение 2) по методике, приведенной в п. 2. Работа выполняется бригадой в составе трех-четырех человек, каждая бригада получает экспериментальную зависимость для одной характеристики. Каждый член бригады полностью оформляет отчет для одной частной зависимости и участвует в получении обобщенной зависимости.

Примеры оформления протокола, построения графиков частных зависимостей и получения обобщенной зависимости показаны в приложениях 1, 2.

Л и т е р а т у р а

1. Л е п и л и н в.А., З а й ц е в В.М. Расчет наивыгоднейшего режима резания авиационных материалов.- Учебное пособие: Куйбышев, 1980.

2. Б у з и ц к я Т.И. Инструкция к лабораторной работе "Определение шероховатости обработанных поверхностей". Куйбышев, КуйИ, 1977.

3. Л к у ш е в И.Я. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1974.

4. ГОСТ 2789-73. шероховатость поверхности.

ПРОТОКОЛ

исследования влияния условий резания
на характеристики шероховатости

Обрабатываемый материал IX18H9T

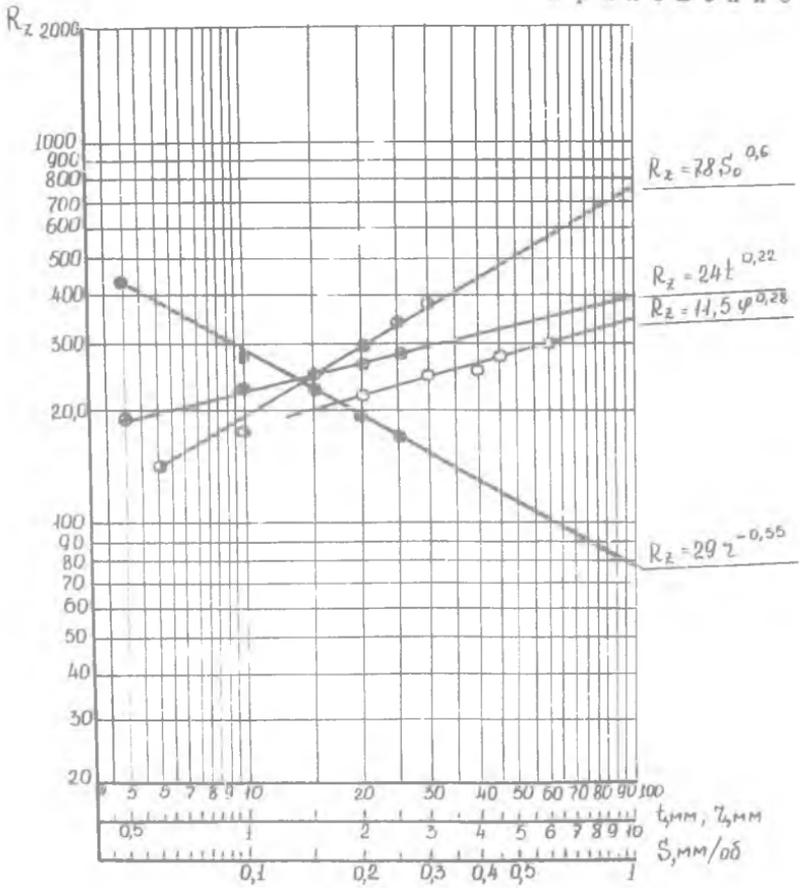
Инструментальный материал ВК8

Геометрия заточки реза $\gamma = 0; \alpha = \alpha_1 = 10; \lambda = 0$

Состав и способ применения - СОЖ; 10% эмульсия ЭГТ, полив

Серии	Изменяющиеся условия				Среднее значение R_z , мкм	Величина постоянн. коэф. C_{Rz}	Примечания
	t , мм	S_0 , мм/об	φ , град	z , мм			
$R_z = f(t)$	0,5	0,3	45	1,0	19	11,8	
	1,0				23	12,2	
	1,5				24	11,7	
	2,0				27	12,4	
	2,5				28	12,2	
$R_z = f(S_0)$	1,0	0,1	45	1,0	18	11,1	
		0,15			25	13,2	
		0,2			26	12,4	
		0,25			28	12,3	
		0,3			27	11,1	
$R_z = f(\varphi)$	1,0	0,3	20	0	22,5	17,5	
			30		25	17,3	
			40		26,5	17,1	
			45		28	17,3	
			60		31	17,8	
$R_z = f(z)$	1,0	0,3	45	0,5	42	11,5	
				1,0	27	11,0	
				1,5	23	11,7	
				2,0	19	12,8	
				2,5	17,5	11,85	

$$C_{Rz} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{Rzi}}{n} = \frac{11,8 + 12,2 + \dots + 11,85}{20} = 13,3$$



Расчетные формулы:

$$C_{R_i} = \frac{R_{z_i}}{t_i^{0,22} S_{0i}^{0,6} z_i^{-0,55}} ;$$

$$C_R = \frac{\sum_{i=1}^n C_{R_i}}{n} = 74,8 \approx 75 ;$$

$$R_z = 75 t^{0,22} S_0^{0,6} y^{0,28} z^{-0,55} .$$

СО Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения	3
I.1. Характеристики шероховатости (ГОСТ 2789-73)	4
I.2. Определение основных характеристик и понятий, приведенных в ГОСТе 2789-73.....	6
I.3. Методы установления количественных связей между характеристиками шероховатости и условиями резания.....	9
2. Методика установления экспериментальной зависимости между характеристиками шероховатости и изменяющимися условиями резания.....	10
3. Методы и приборы для измерения характеристик шероховатости.....	11
4. Порядок (проведение) обработки профилограмм.....	13
5. Измерение характеристик шероховатости на двойном микроскопе МИС-II	15

Составитель Владимир Михайлович Зайцев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ
ПРИ ТОЧЕНИИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ
ПОВЕРХНОСТИ

Методические указания

Редактор Э.А.Грязнова
Техн.редактор Н.М.Каленюк
Корректор Н.С.Купрянова

Подписано к печати 12.03.82 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая. Оперативная печать.
Усл.п.л. 1,39. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 1000 экз.
Заказ № 1897 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П.Королева, г.Куйбышев,
ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография им. В.П.Мяги, Куйбышев,
ул. Венцека, 60.