

Лекция №5.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ.

Ст. преподаватель кафедры

«Технология металлов»

Миранович Алексей Валерьевич

5.1. Понятие о качестве обработанной поверхности

Качество поверхности – это совокупность всех служебных свойств поверхностного слоя материала детали.

Под «поверхностным слоем» понимается сама поверхность и некоторый ее поверхностный слой, отличающийся от материала сердцевины детали.

Глубина слоя h различна в зависимости от условий эксплуатации детали: несколько микрометров – для измерительного калибра, несколько сотен микрометров – для вала машины.

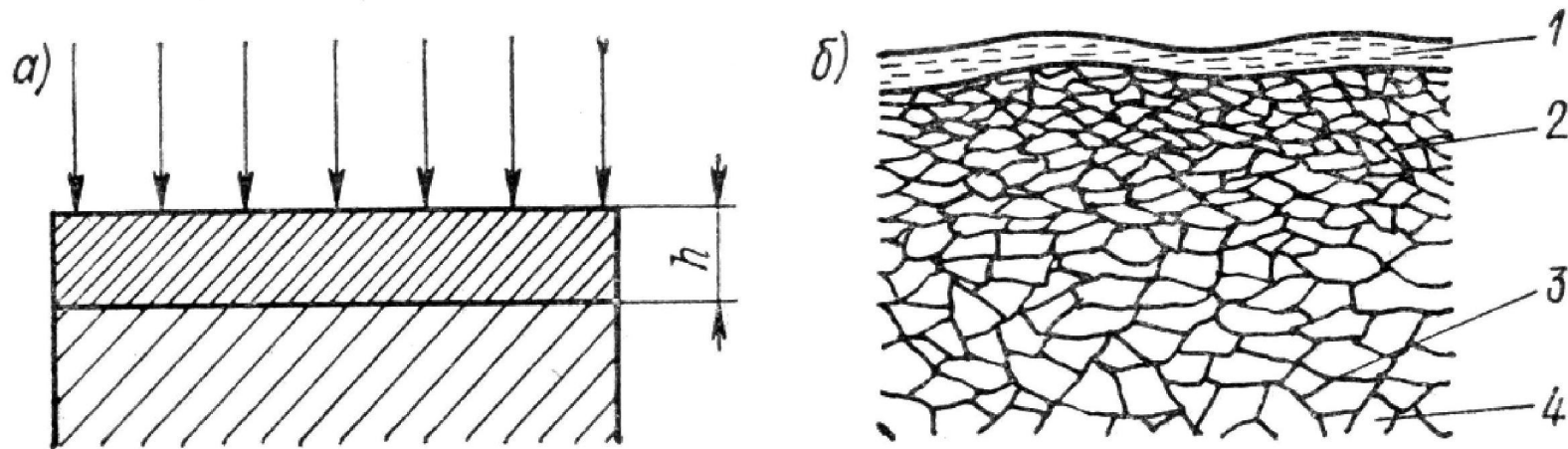


Рисунок 5.1 – Схема механической обработки заготовки детали (а), строение поверхностного слоя детали после механической обработки (б)

1 – верхний слой; 2 – слой с текстурой в виде зерен, имеющих преимущественную ориентацию; 3 – слой пластически деформированный; 4 – сердцевина заготовки детали

5.1. Понятие о качестве обработанной поверхности

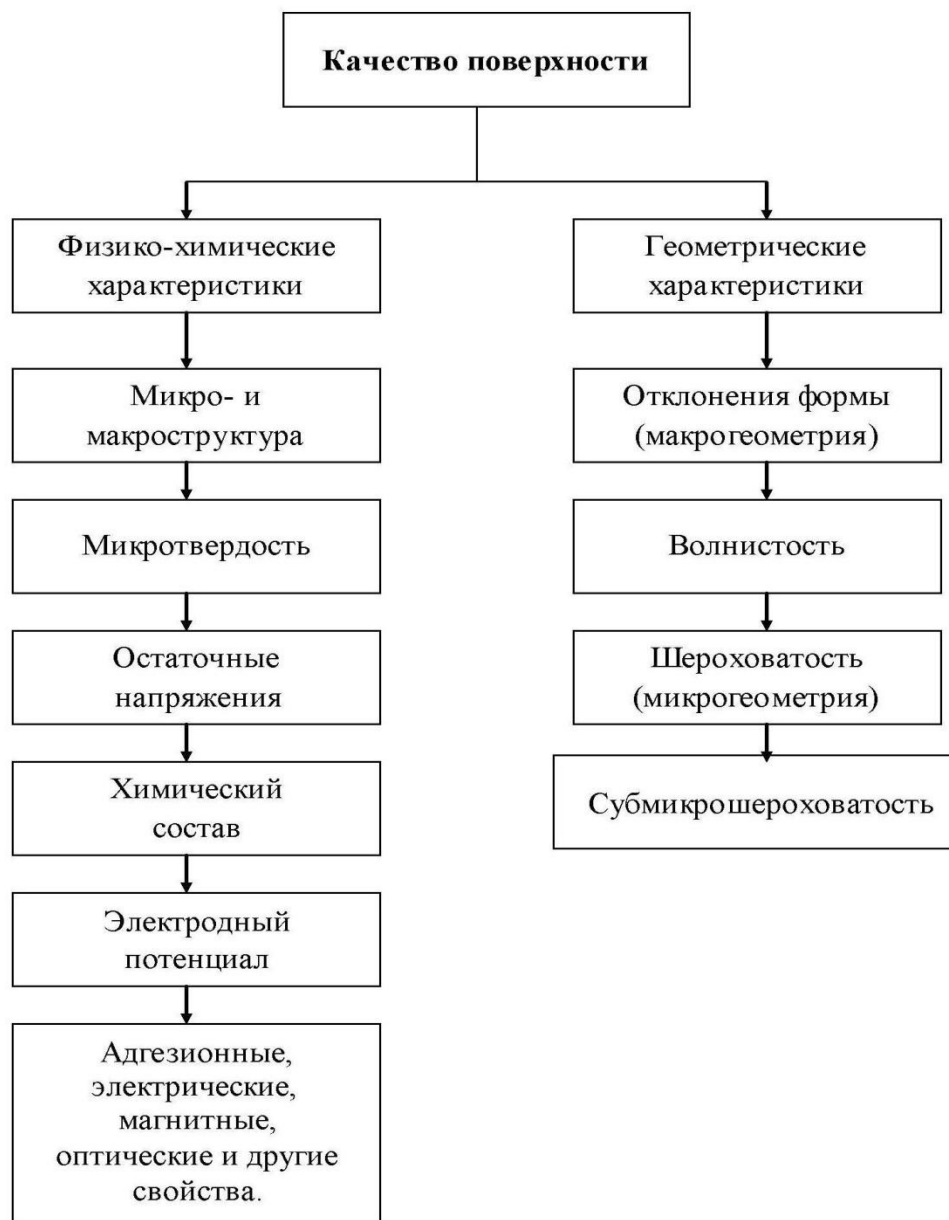


Рисунок 5.2 – Структурная схема качества поверхностного слоя

5.2. Шероховатость и волнистость поверхности

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине.

Волнистость поверхности – совокупность периодически чередующихся неровностей, у которых расстояние между смежными возвышенностями или впадинами превышает базовую длину (рисунок 5.3).

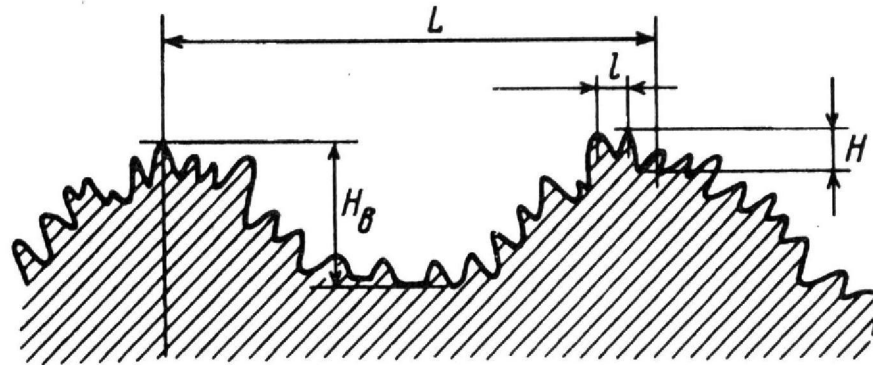


Рисунок 5.3 – Схема, иллюстрирующая шероховатость и волнистость поверхности

Шероховатость и волнистость взаимосвязаны с точностью размеров детали.

Разграничением понятий шероховатости и волнистости является **отношение шага к высоте неровностей**:

для шероховатости $L/H < 50$; для волнистости $L/H = 50 \dots 1000$.

Шероховатость поверхности бывает продольной, измеряемой в направлении вектора скорости резания, и поперечной, измеряемой в направлении подачи.

Согласно ГОСТ 2789-73, нормирование и количественная оценка шероховатости поверхности производится с помощью трех высотных параметров R_a , R_z и R_{max} , двух шаговых параметров S_m и S и параметра t_P — относительной опорной длины профиля (рисунок 5.4).

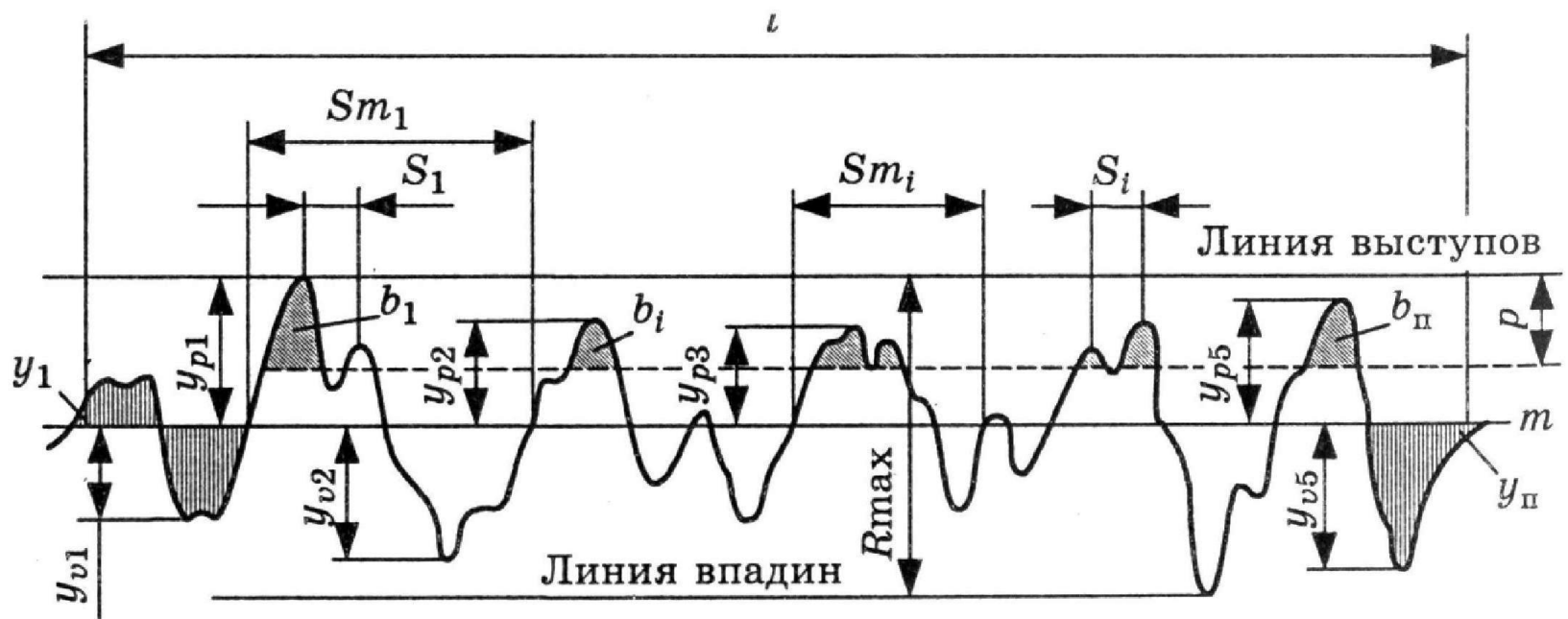


Рисунок 5.4 – Профилограмма поверхности для определения шероховатости

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra – среднее арифметическое абсолютных отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = l^{-1} \int_0^l |y(x)| dx, \text{ или } Ra = n^{-1} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где n – число выбранных точек профиля на базовой длине; y_i – отклонение профиля от средней линии.

Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |h_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |h_{vi}| \right),$$

где h_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля; h_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины

$$R_{max} = R_p - R_v .$$

Средний шаг неровностей S_m – среднее значение шагов неровностей профиля в пределах базовой длины

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

где n – число шагов неровностей в пределах базовой длины; S_{m_i} – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии профиля, ограничивающей неровность профиля.

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

$$S = n^{-1} \sum_{i=1}^n S_i .$$

Относительная опорная длина профиля t_p – отношение опорной длины профиля к базовой длине

$$t_p = \eta / (l \cdot 100) ,$$

где $\eta = \sum_{i=1}^n b_i$ – опорная длина профиля; l – базовая длина.

Опорная длина профиля – сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне p в материале профиля линией, параллельной средней линии, в пределах базовой длины.

Уровни сечения p указываются в процентах от R_{max} .

Диапазоны колебаний параметров:

l – от 0,01 до 25 мм; Ra – от 0,008 до 100 мкм; Rz и R_{max} – от 0,25 до 1600 мкм; S_m и S – от 0,002 до 12,5 мкм, t_p – от 10 до 90 %.

Параметр Ra более точно определяет шероховатость, так как является интегральным. Шероховатость поверхности чаще всего оценивают параметром Ra .

Величины S_m и t_p характеризуют форму микронеровностей и определяют износостойкость и контактную деформацию сопряженных деталей.

Существует корреляционная взаимосвязь высотных параметров шероховатости R_a , R_z , R_{max} .

Для плосковершинной и отделочно-упрочняющей обработки в среднем

$$R_{max} = 5,0 R_a; R_z = 4,0 R_a;$$

для точения, строгания и фрезерования

$$R_{max} = 6,0 R_a; R_z = 5,0 R_a;$$

для остальных методов обработки

$$R_{max} = 7,0 R_a; R_z = 5,5 R_a.$$

Основной смысл введения шести параметров для оценки шероховатости поверхности заключается в том, что с их помощью можно регулировать шероховатость в зависимости от служебного назначения и условий эксплуатации деталей (изнашивание, контактная жесткость, выносливость и др.).

Таблица 5.1 – Экономически целесообразные точность и шероховатость поверхности при различных видах обработки

Вид обработки	Квалитеты точности обработки	Шероховатость поверхности Ra, мкм
Обтачивание:		
черновое	14...12	50...25
получистовое	13...11	25...12,5
чистовое	10...8	12,5...6,3
тонкое	8...6	1,25...0,63
Растачивание:		
черновое	13...11	25...12,5
чистовое	10...8	12,5...6,3
тонкое	8...6	1,25...0,63
Фрезерование:		
черновое	13...11	25...12,5
чистовое	10...8	6,3...1,25
Сверление	13...11	25...12,5
Зенкерование	11...10	25...6,3
Развертывание:		
черновое	10...8	3,2...1,6
чистовое	8, 7	1,25...0,63
Протягивание:		
черновое	11...10	3,2...1,6
чистовое	9...7	1,25...0,63
Шлифование:		
черновое	10...8	2,5...1,25
чистовое	8...6	1,25...0,63
Хонингование:		
черновое	9...7	2,5...0,63
чистовое	7...6	0,63...0,08
Суперфиниширование	6...5	0,63...0,16
Притирка	7...5	0,63...0,04
Полирование	7...5	0,63...0,02
Обкатывание, алмазное выглаживание	9...6	1,25...0,16

Количественная оценка волнистости производится следующими параметрами: высотой волнистости hw , наибольшей высотой волнистости hw_{max} и средним шагом волнистости Sw .

$$h_{wi} = (h_{w1} + h_{w2} + h_{w3} + h_{w4} + h_{w5}) / 5$$

Высота волнистости hw – среднее арифметическое из пяти ее значений (hw_1, \dots, hw_5), определенных на длине участка измерения L_w , равной не менее пяти действительным наибольшим шагам Sw волнистости, как вертикальные расстояния между линиями, эквидистантными средней линии, которые проведены по высшим и низшим точкам профиля одной полной волны (рисунок 5.5).

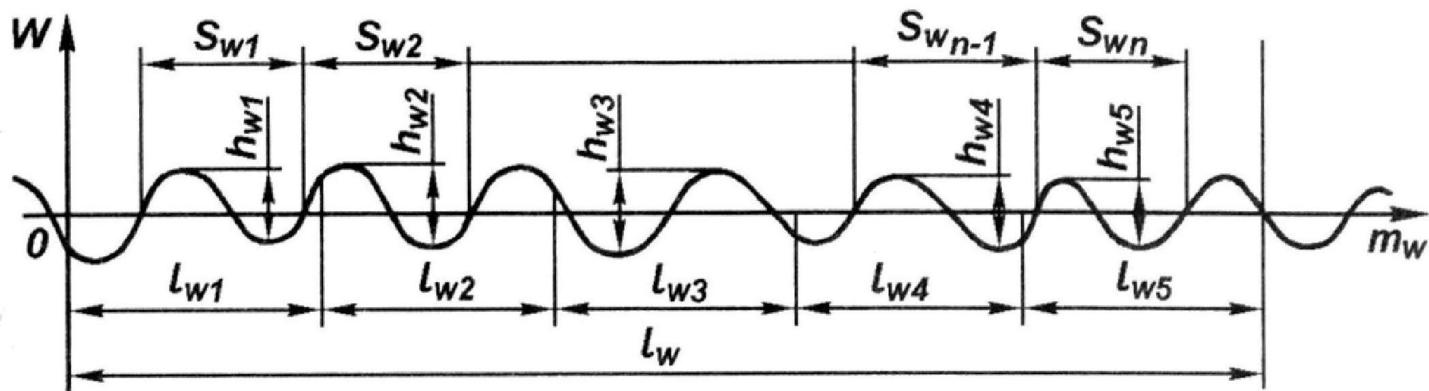


Рисунок 5.5 – Профилограмма поверхности для определения волнистости

Базой для измерения волнистости служит средняя линия профиля волнистости tw .

Предельные числовые значения hw выбирают из следующего ряда: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25, 50; 100; 200 мкм.

Наибольшая высота волнистости h_{Wmax} – расстояние между высшей и низшей точками измеренного профиля в пределах Lw , измеренное на одной полной волне.

Средний шаг волнистости S_w – среднее арифметическое значение длин отрезков S_{wi} средней линии, ограниченных точками их пересечения с соседними участками профиля волнистости:

$$S_w = n^{-1} \sum_{i=1}^n S_{wi} .$$

5.3 Факторы, влияющие на качество поверхности

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

Каждому методу обработки (точение, шлифование и др.) соответствует свой диапазон получаемой шероховатости поверхности (таблица 5.1).

Из сопоставления этих параметров можно увидеть их **взаимосвязь: чем выше точность получаемого размера, тем меньше шероховатость поверхности.**

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

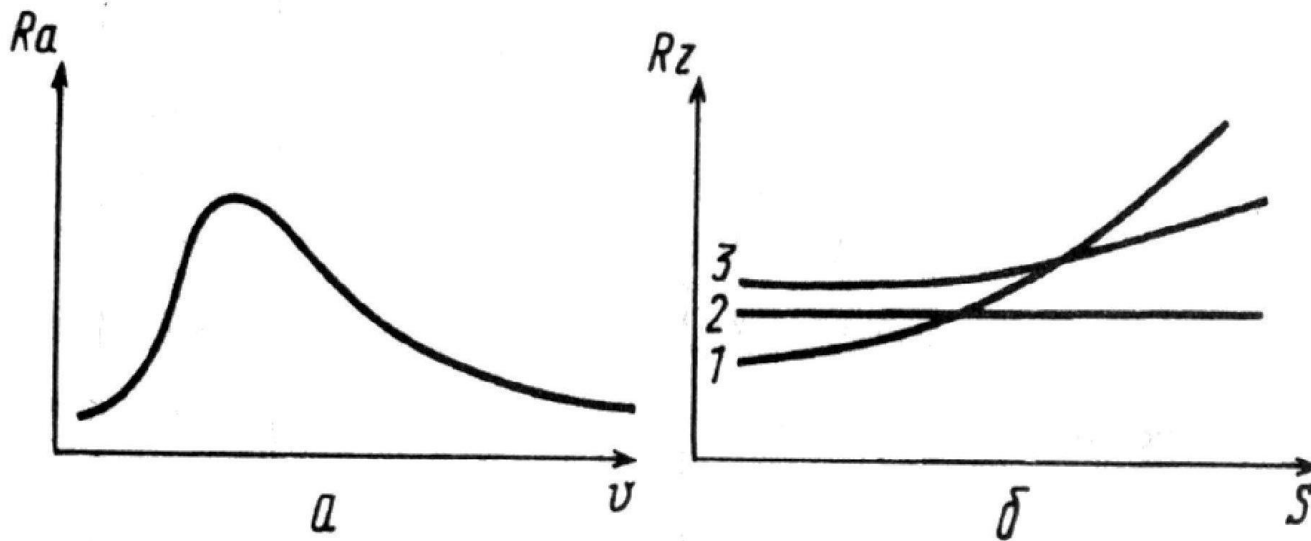


Рисунок 5.6 – Зависимость шероховатости поверхности от скорости резания (а) и подачи (б)

При обработке вязких материалов в условиях образования нароста наибольшее значение Ra наблюдается при скорости резания 20...25 м/мин. Однако с увеличением скорости резания эффект образования нароста снижается и **шероховатость уменьшается**.

При точении стандартными резцами с углом в плане 45° подача (свыше 0,2 мм/об) **существенно влияет на шероховатость** (кривая 1). Если точение производится резцами и широкой режущей кромкой, установленной параллельно оси изделия, изменение подачи не отражается **на шероховатости** (кривая 2). При сверлении, зенкеровании, торцовом и цилиндрическом фрезеровании **изменение подачи слабо влияет на шероховатость** (кривая 3).

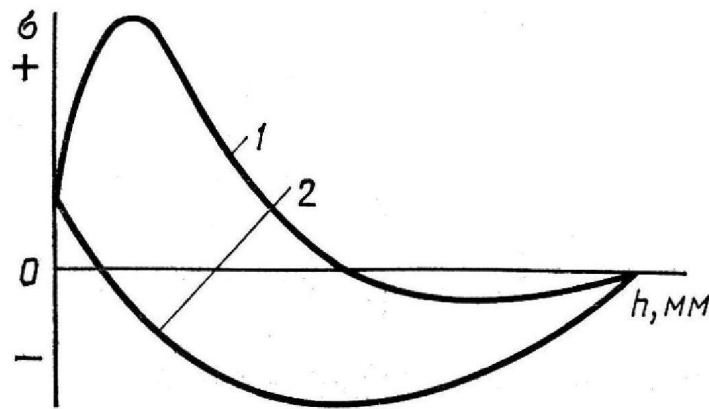


Рисунок 5.6 – Схема распределения остаточных напряжений σ после шлифования на глубину h поверхностного слоя

При шлифовании заготовок деталей **доминирующим фактором** является **тепловой**, служащий причиной **появления в поверхностном слое обрабатываемого металла растягивающих напряжений**. Схема распределения остаточных напряжений после шлифования на глубину h поверхностного слоя (кривая 1).

Появление растягивающих напряжений связано с быстрым нагреванием поверхностного слоя в зоне контакта металла детали со 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** (кривая 2).

5.4 Влияние качества обработанных поверхностей деталей на долговечность машин и механизмов

Важнейшими эксплуатационными характеристиками деталей машин являются износостойкость и усталостная прочность.

Износостойкость определяет сопротивление поверхности детали изнашиванию в процессе эксплуатации. При изнашивании меняются размеры и геометрическая форма поверхностей, что приводит к изменению характера сопряжений деталей, потере точности взаимного расположения узлов и нарушениям в работе машины.

Усталостная (циклическая) прочность характеризует способность детали противостоять многократно повторяющимся знакопеременным нагрузкам в процессе эксплуатации. Недостаточная усталостная прочность приводит к быстрой поломке деталей, вызывая отказ в работе машин.

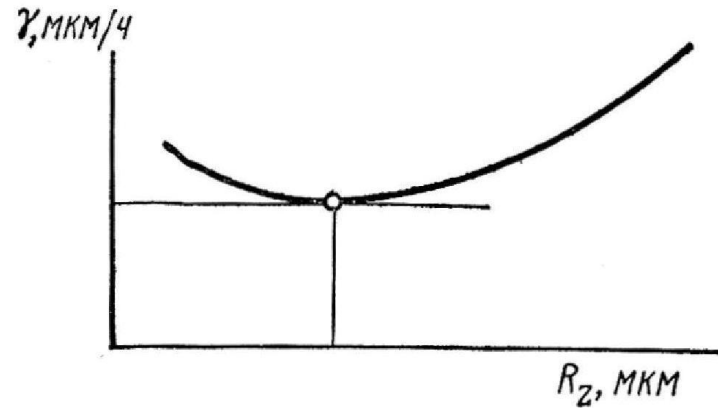


Рисунок 5.7 – Влияние шероховатости поверхности на скорость изнашивания

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

Наибольшее влияние шероховатость поверхности оказывает 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 %.**

Снизить шероховатость поверхности в каждом конкретном случае следует до определенного предела (рисунок 5.7). Слишком большое снижение шероховатости приводит к ухудшению условий смазки, так как на очень чистых поверхностях плохо удерживается смазочный слой.

Поэтому поверхность, покрытая пористым хромом, лучше удерживает смазку, чем поверхность с гладким хромовым покрытием.