

ЛЕКЦИЯ-2.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ И ЕЕ СВОЙСТВА

Понятие о поверхности и ее качестве

В технике под поверхностью детали понимают наружный слой последней, который по строению и другим физическим свойствам отличается от внутренней части. Комплекс свойств, приобретаемых поверхностью детали в результате ее обработки, характеризуется обобщенным понятием «качество поверхности».

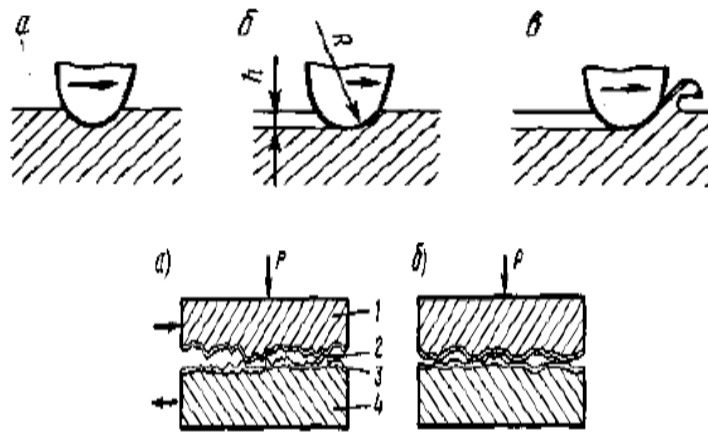


Рис.1. Структура поверхностного слоя

Качество поверхности определяется шероховатостью, волнистостью, геометрией и физико-химическими свойствами и обусловлено процессом ее обработки. Обработанную поверхность деталей можно условно разбить на внешнюю и внутреннюю.

Внешняя поверхность определяется макрогеометрическими параметрами; она доступна для прямых оптических и механических исследований.

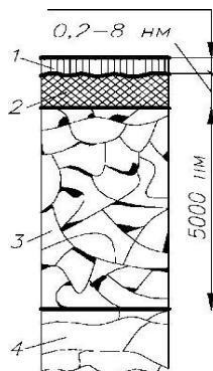


Рис.2. Структура поверхностного слоя шлифованной детали из углеродистой стали (Поверхностный слой неоднороден по строению (рис 2.4) 0,2-0,3 нм)

Граничный слой 1 состоит из адсорбированной пленки газов, влаги и смазочно-охлаждающей жидкости, которую можно удалить лишь нагревом детали в вакууме. Слой 2 - деформированный, сильно раздробленный металл с искаженной решеткой кристаллов и с обезуглероженными под действием высоких температур при шлифовании участками; в нем находятся окислы и нитриды, пустоты, надрывы и трещины. Слой 3 состоит из зерен, сильно деформированных под действием давления (шлифовального круга) и тангенциальных сил при шлифовании; в нем содержится структурно-свободный цементит, образовавшийся под действием высоких температур. Слой 4 - металл с исходной структурой. При более тонкой обработке (абразивными брусками, лентами и т.д.) слой 1 не изменяется по толщине, а слои 2 и 3 уменьшаются в соответствии с меньшими давлением и температурой поверхности при обработке.

Взаимодействие ювенильной поверхности металла с окружающей средой характеризуется различными процессами, начиная от чисто химических (окисление) и кончая физическими (ван-дер-ваальсовая адсорбция). Таким образом, вся внешняя поверхность металла, включая микротрещины и щели, выходящие на поверхность, покрыта окисными пленками, молекулами адсорбированных газов и других веществ различной природы.

Приведенная классификация и номенклатура параметров качества поверхностного слоя учитывает формирование различных видов микрорельефа (микргеометрии) поверхности и качества поверхностного слоя металла в процессе обработки отражает как геометрическое, так и физикохимико-механическое, структурное состояние поверхностного слоя и устанавливает вполне определенные параметры для оценки влияния многочисленных технологических вариантов и факторов обработки на эксплуатационные свойства деталей.

Среднее арифметическое отклонение профиля

$$R_a = 1/n \sum_{i=1}^n |Y_i|$$

Высота неровностей профиля-

$$R_z = 1/5 * (\sum_{i=1}^5 H_{\max} + \sum_{i=1}^5 H_{\min})$$

Наибольшая высота неровностей профиля- R_{\max}

Средний шаг неровностей - S_m

Средний шаг неровностей по вершинам- S

Относительная опорная длина профиля- t_p

$$t_p = 1/L \sum_{i=1}^n B_i$$

Радиус округления выступов и впадин неровностей- r, r_1

Субмикрощероховатость, Высота субмикронеровностей -

R_zn Волнистость, Высота волнистости - W_z

Наибольшая высота волны – W_{max}
 Средний шаг волнистости – S_w

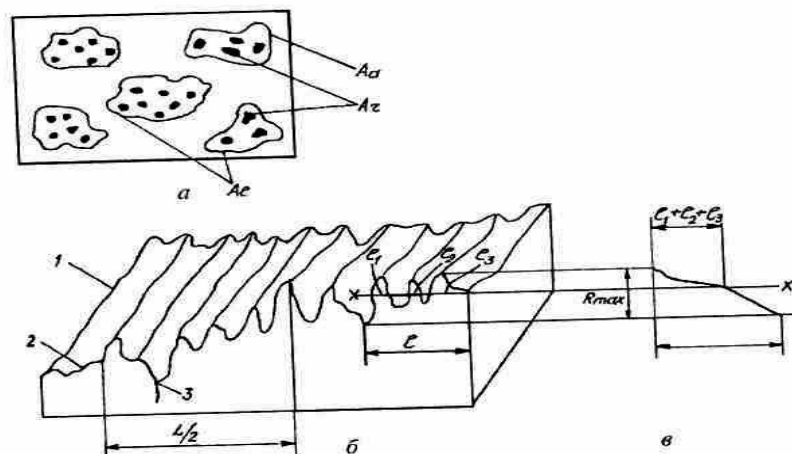


Рис.3. Микрорельеф поверхности.

а — топография поверхности; б — параметры поверхности;
 в — кривая опорной поверхности. 1-продольная шероховатость, 2-поперечная шероховатость; 3 –трещина.

Виды площадей контакта поверхности

Номинальная площадь контакт - $A_a = 100\%$

Контурная площадь контакт - $A_c = (5:15)\% A_a$

Фактическая площадь контакт - $A_f = (0,01:0,1) * A_a$

Номинальное давление- $P_a = N/A_a$, Контурное давление- $P_c = N/A_c$, Фактическое давление- $P_f = N/A_f$

Взаимосвязь между ними:

$$A_f = A_c * P_c / P_f$$

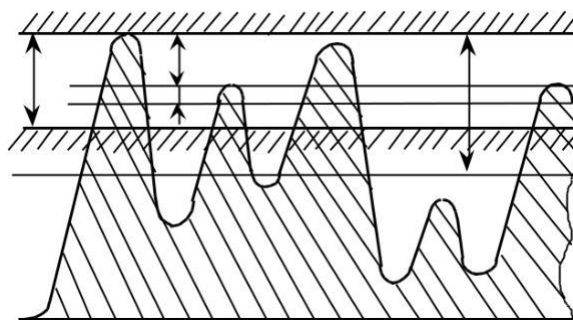


Рис.4. К анализу оценки фактической площади контакта

На пятнах действительного контакта образуются адгезионные мостики – мостики сварки между твердыми телами, являющиеся результатом различного рода молекулярных взаимодействий. Возникновение этих связей неминуемо, так как поверхностная энергия системы согласно второму закону термодинамики стремится к минимуму, а на границе твердое тело – воздух она значительно больше.

Помимо адгезионного взаимодействия в зонах фактического контакта более жесткие выступы внедряются в сопряженное тело. Внедрение одной поверхности в другую при действии только сжимающей нагрузки может быть и в том случае, когда поверхности трения практически не имеют шероховатостей (полированы).

Согласно молекулярно-механической теории трения износ происходит следующим образом. Различные пятна контакта при трении деталей взаимодействуют по-разному. На одних пятнах происходит упругий контакт, на других – пластический, а на третьих может быть микрорезание.

Современная теория износа предусматривает пять видов фрикционных связей.

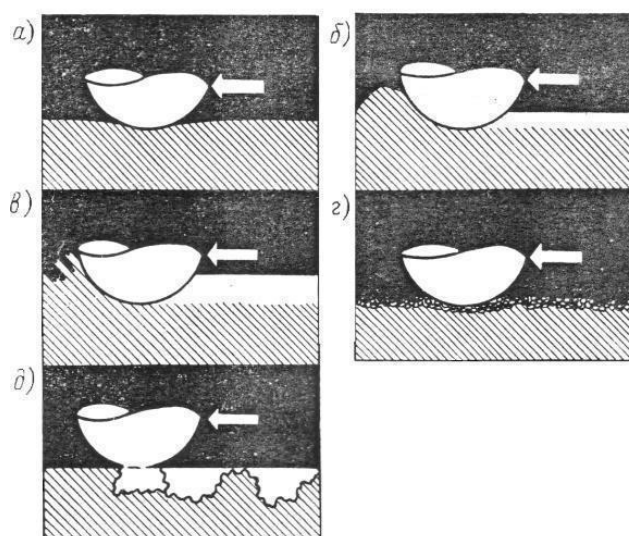


Рис.5. Классификация фрикционных связей:

а–упругое деформирование; б–пластическое деформирование; в–упруго-пластическое деформирование; г–прочность адгезионной связи меньше прочности основного материала; д–прочность основного материала меньше прочности адгезионной связи

Первые три вида различаются характером деформирования материалов, последние – соотношением между прочностью адгезионной связи и основного материала. При упругом контакте для того чтобы материал был разрушен, необходимо большое количество воздействий ($10^5 \dots 10^8$), а при микрорезании и глубинном вырывании разрушение поверхности происходит при единичном взаимодействии.

Анализ видов нарушения фрикционных связей позволяет наметить пути повышения износостойкости узлов трения машин. Наибольшую износостойкость обеспечивают режимы трения, соответствующие нарушению фрикционных связей по схеме на рисунках а и г, т.е. при сочетании упругого контактирования трущихся поверхностей с разрушением адгезионных связей в тонком поверхностном слое

При большом взаимном проникновении шероховатостей поверхностей может случиться, что внедрившиеся выступы одной детали будут нагревать

впереди себя материал сопряженной детали. В этом случае внешнего трения уже не будет, а будет трение внутреннее. Деталь работает как напильник по мягкому материалу. При рассмотрении задачи пластичности по внедрению жесткого сферического индентора в пластически деформируемое пространство получена формула, которая определяет предельную глубину относительного внедрения h/R , соответствующую переходу от внешнего трения к внутреннему.