

## ЛЕКЦИЯ-6.

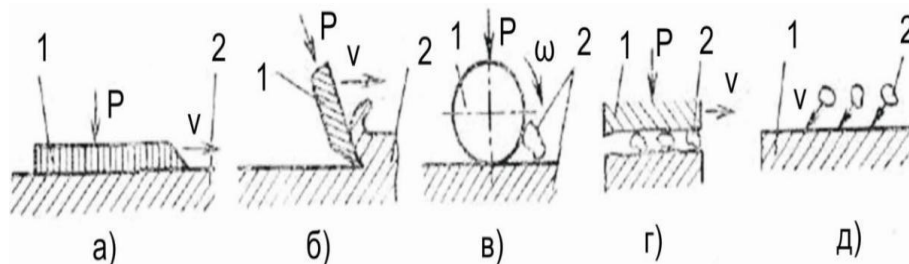
### АБРАЗИВНОЕ ИЗНАШИВАНИЕ

**Абразивный износ** характеризуется наличием между трущимися поверхностями деталей твердых частиц (пыли, нагара, продуктов изнашивания и др.), которые образуя с маслом абразивную смесь, увеличивают износ сопряженных деталей.

**Абразивным изнашиванием** называется механическое изнашивание материала в результате в основном режущего или царапающего действия на него абразивных частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии. Абразивные частицы, обладая большей, чем металл, твердостью, разрушают поверхность деталей и резко увеличивают их износ. Абразивное изнашивание является одним из наиболее распространенных видов изнашивания. В дорожных машинах более 60% случаев износа имеют абразивный характер. Изнашивание этого вида встречается в деталях шкворневых соединений, открытых подшипниках скольжения, деталях рабочих органов дорожных машин, деталях ходовых частей и др. Основным источником попадания абразивных частиц в сопряжения машин является **окружающая среда**.

В 1 м<sup>3</sup> воздуха содержится от **0,04 до 5 г пыли**, на **60–80%** состоящей из взвешенных частиц минералов. Большинство частиц имеют размеры от **5 до 120 мкм**, т.е. соизмеримы с зазорами в сопряжениях машин.

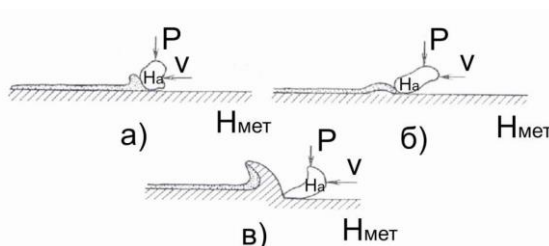
**Основные составляющие пыли:** двуокись кремния SiO<sub>2</sub>, окись железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, соединения Al, Ca, Mg, Na и других элементов. Частицы минералов, содержащиеся в воздухе, обладают высокой твердостью.



**РИС.1** Схемы деталей машин, работающих в условиях абразивного изнашивания:

*а – рабочие органы; б – режущие кромки рабочих органов; в – опорные катки, гусеницы, элементы открытых зубчатых передач, покрышки колес; г – опоры скольжения; д – детали трубопроводов гидросистем, пневмоинструмента; 1 – деталь; 2 – абразив*

Так, твердость частиц двуоксида кремния  $\text{SiO}_2$  достигает 10 780– 11 700 МПа, а окиси алюминия – от 20 900 до 22 900 МПа, что превышает твердость рабочих поверхностей большинства деталей дорожных машин. В роли абразива могут выступать также продукты изнашивания и выпавшие в осадок присадки масел. Если твердость абразивной частицы соизмерима с твердостью основного металла рабочей поверхности детали, то при работе сопряжения абразивная частица будет способствовать разрушению окисной пленки (рис.2). В обнажившемся в результате этого металле под воздействием окружающей среды (кислорода воздуха и влаги) активизируются коррозионные процессы, и происходит коррозионно-механическое изнашивание поверхности.

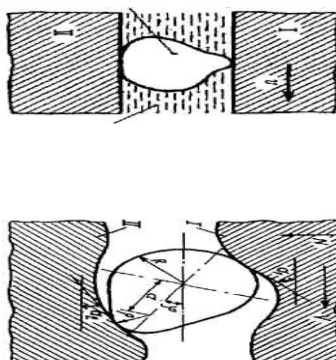


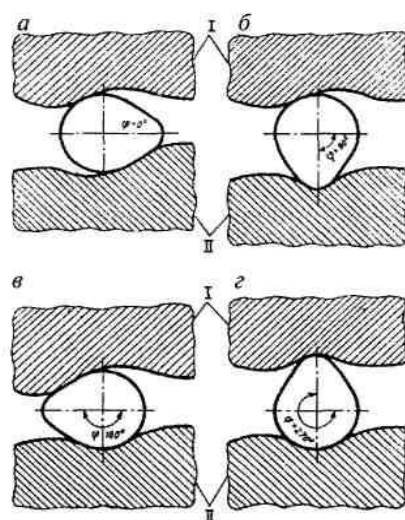
**Рис.2. Виды взаимодействия поверхности детали с абразивной частицей:**

*а – при коррозионно-механическом изнашивании; б – при пластическом оттеснении; в – при микрорезании*

Если твердость абразивной частицы превышает твердость основного металла детали ( $H_a > 1,7 H_{мет}$ ), то при взаимодействии рабочей поверхности с частицей наблюдается пластическое оттеснение материала (рис.б). Если частица внедряется в поверхность детали острой гранью, то пластическое оттеснение переходит в микрорезание (рис.в).

Процесс абразивного изнашивания рабочей поверхности детали можно представить следующим образом. При взаимодействии поверхностей с твердой, закрепленной неподвижно («заклиненной») абразивной частицей на металлической поверхности образуется царапина.





Если отношение глубины  $h$  внедрения абразивной частицы в металл радиусу  $r$  закругления частицы достигает определенного критического значения, то царапание сопровождается отделением продуктов износа, т.е. пластическое отеснение переходит в микрорезание. Интенсивность абразивного износа прямо пропорциональна твердости  $H_a$  абразивных частиц и обратно пропорциональна твердости  $H_{мет}$  поверхности трения. Поверхности большой твердости обладают большей абразивной износостойкостью. В реальных условиях эксплуатации абразивные частицы имеют вид подвижной абразивной массы, перетираемой, как в мельнице, в зазорах сопряжений. В результате на рабочих поверхностях деталей образуются царапины, происходит упругопластическое деформирование поверхностного слоя, и возникает усталостное разрушение поверхностей.

**Гидро- и газоабразивным изнашиванием** называется абразивное изнашивание в результате действия твердых частиц, взвешенных в жидкости (или газе) и перемещающихся относительно изнашивающегося тела. Гидроабразивное изнашивание характерно для элементов топливной аппаратуры, двигателей внутреннего сгорания, объемного гидропривода, а также для деталей гидродинамических передач. В роли жидкости – носителя частиц, как правило, выступают смазочные материалы, топлива, тормозные и рабочие жидкости. Газообразное изнашивание наблюдается в элементах компрессоров и пневматического инструмента, где носителем абразивных частиц является сжатый воздух. Гидро-газоабразивное изнашивание имеет общий механизм и характерные признаки проявления.

При определении вида изнашивания элементов машин необходимо отличать от гидро- и газоабразивного изнашивания эрозийное, гидрогазоэрозийное и кavitационное изнашивание.

**Эрозионным** называется механическое изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости и (или) газа.

**Гидроэрозионным (газоэрозионным) изнашиванием** называется эрозионное изнашивание в результате воздействия потока жидкости (газа).

**Кавитационным** называется гидроэрозионное изнашивание при движении твердого тела относительно жидкости, при котором пузырьки газа захлопываются вблизи поверхности, что создает местное повышение давления или температуры. Изнашивание этого вида наиболее часто встречается в элементах трубопроводов и в коллекторах при отсутствии абразивных частиц в рабочей жидкости или газе. Для транспортно-технологических машин эрозионные виды изнашивания не характерны.

### Основные виды изнашивания

Причины и механизм образования различных видов изнашивания представлены в табл.

Вид изнашивания	Причина и механизм образования	Примеры
1	2	3
Абразивное	Механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия на него твердых частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии. Износ происходит в результате <i>микрорезания</i> ( $T$ металла $\ll T$ абразива) или <i>упруго-пластического деформирования</i> ( $T_m \ll 0,6 T_a$ )	Детали ходовой части: звенья гусениц, покрышки колёс
Гидро(газо)абразивное	Абразивное изнашивание в результате действия твердых частиц, взвешенных в жидкости (газе) и перемещающихся относительно изнашиваемого тела	Плунжерные пары, выпускные клапаны

Износ результат процесса изнашивания или остаточной деформации материала. Износ выражают в мкм или мм. Если размеры детали в результате

пластических деформаций изменяются незначительно, износ обозначать единицами массы (мг, г и т.д.). Износ можно определить по формуле:

$$\varepsilon = \int_0^{T_i} f_{\varepsilon} dT$$

где  $f_{\varepsilon}$  – функция характеризующая процесс изнашивания; T- время.

### Методы повышения абразивной стойкости поверхности

Метод	Материал детали	Форма проявления
Гальваническое покрытие (хромирование, никелирование)	Большинство черных и цветных металлов	Образование тонкого твердого гладкого покрытия
Анодирование	Алюминий	Образование тонкого окисного слоя повышенной твердости
Насыщение (цементация, цианирование, азотирование)	Малоуглеродистые стали	Повышение твердости поверхности
Напыление (металлизация, наплавка порошкового металла, напыление керамики)	Металлические и полимерные материалы	Формирование слоев взаимосвязанных частично окисленных частиц
Кокильная отливка	Серый чугун	Образование на

		поверхности слоя белого чугуна
Плазменная закалка	Чугун, сталь	Повышение локальной твердости поверхности
		Повышение твердости