

## ЛЕКЦИЯ-3.

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

**Поверхностный слой** металла обладает большой активностью. Это обусловлено тем, что внутри твердого тела каждый атом кристалла окружен другими атомами и связан с ними прочно по всем направлениям, а у атомов, расположенных на поверхности, с внешней стороны нет соседей в виде таких же атомов.

В связи с этим в поверхностном слое у атомов твердого тела остаются свободные связи, наличие которых создает вблизи поверхности атомное (молекулярное) притяжение. Чтобы при таком несимметричном силовом поле атом кристалла находился в равновесии, необходимо иное, чем внутри кристалла, расположение атомов самого верхнего слоя.

Поверхностные атомы вследствие свободных связей обладают большей энергией, нежели атомы внутри твердого тела. Избыток энергии, отнесенной к единице поверхности, **называют удельной поверхностной энергией** или просто поверхностной энергией. Полная энергия кристалла состоит из внутренней и поверхностной энергии. Последняя пропорциональна поверхности раздела фаз, поэтому особенно возрастает при диспергировании твердых тел. Она во многом определяет свойства высокодисперсных систем - коллоидов. При соприкосновении двух тел поверхностная энергия исчезает и может выделиться в виде теплоты или затратиться на подстройку в кристаллической решетке одного кристалла к другому.

#### **Адсорбция и хемосорбция**

В результате взаимодействия ненасыщенных силовых полей твердого тела с силовыми полями молекул газа, движущихся к твердой поверхности, или взаимодействия жидкости, соприкасающейся с твердым телом, поверхность последнего покрывается пленкой веществ, содержащихся в окружающей среде: газов, паров воды, обычно находящихся в воздухе, и паров других жидкостей, а также веществ, растворенных в жидкостях и соприкасающихся с поверхностью твердого тела. Явления образования на поверхности твердого тела тончайших пленок газов, паров или растворенных веществ, либо поглощение этих веществ поверхностью тела **называют адсорбцией**.

При химической адсорбции (хемосорбции) полярные концы молекул, связываясь с поверхностью тела, образуют в ней монослой, сходный с химическим соединением. Подвижность молекул в результате этого значительно уменьшается.

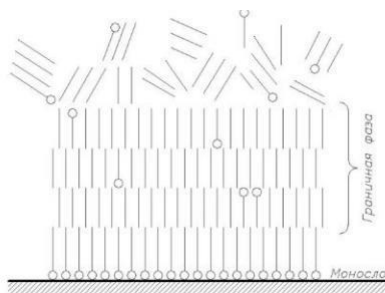
Так, имеются основания считать, что адсорбция жирных кислот на металлических поверхностях при нормальной температуре носит в основном физический характер, а при повышенной температуре – химический.

Жидкости с молекулами большой длины, содержащие в растворе поверхностно-активные вещества, образуют над монослоем полярных молекул

граничный слой, в котором молекулы расположены не беспорядочно, как в объеме жидкости, а правильно ориентированы. Граничные слои находятся в особом агрегатном состоянии, имея квазикристаллическую структуру, что дает основание говорить об особой фазе жидкости - граничной фазе.

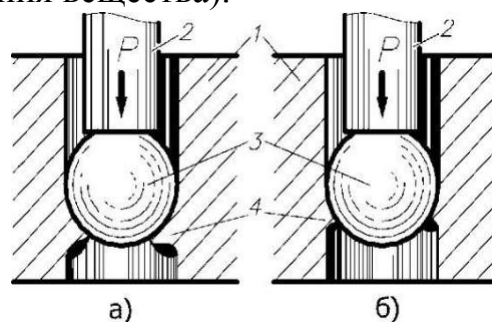
### Адсорбционный эффект понижения прочности (эффект Ребиндера)

Наибольшей способностью к адсорбции обладают поверхностно активные вещества, молекулы которых ориентируются при адсорбции перпендикулярно к поверхности тела, с которым взаимодействуют (органические кислоты, спирты, смолы, дистиллированная вода). Эти молекулы полярные. Например, если поместить металлическое тело рядом летучим веществом, (например, валерьяновой кислотой), то молекулы кислоты, испаряясь и перемещаясь через воздух, покроют поверхность тела слоем в 1 молекулу, причем, если намочить поверхность, то получается многомолекулярный слой строго ориентированных молекул поверхностно активного вещества.



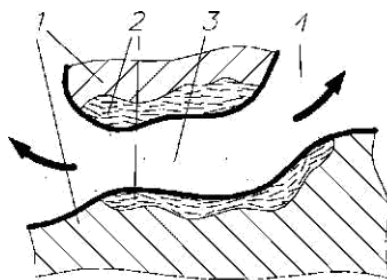
**Рисунок-1. Схема адсорбированного монослоя полярных молекул и ориентация неполярных молекул**

П.А. Ребиндером установлено, что поверхностно активная среда значительно снижает сопротивление деформированию (в холодном состоянии) и разрушению твердых тел в результате физической адсорбции поверхностно активных веществ. Принципиальная схема эксперимента представлена на рис. Эффект Ребиндера является внешним эффектом: снижается поверхностная энергия твердого тела - облегчается выход дислокаций (неоднородностей кристаллического строения вещества).



**Рисунок-2. Схема продавливания шарика без смазочного материала (а) и с окисленным парафином (б) (по данным П.П. Ребиндера):**

*1 - образец; 2 - пуансон; 3 - шарик; 4 - напильник металла*



**Рисунок –3. Модель магмы-плазмы:**

*1 - исходная структура; 2 - расплавленная структура; 3 - плазма; 4 - электроны, движущиеся при трибоэмиссии*

### **Химическое действие среды заключается в следующем:**

В среде воздуха на обнаженных при изнашивании чистых металлических поверхностях образуются окисные пленки, в результате действия кислорода газовой фазы или содержащегося в масле и его перекисях. Окисные пленки предохраняют поверхности от схватывания и связанного с ним глубинного вырывания и являются важным фактором не только при трении без смазочного материала и граничной смазке, но и при полужидкостной смазке.

Металлические поверхности, взаимодействуя с химически активными присадками в масле, покрываются пленками химических соединений, роль которых аналогична роли окисных пленок. Пленки эффективно защищают поверхность от изнашивания, если скорость их образования превышает скорость изнашивания.

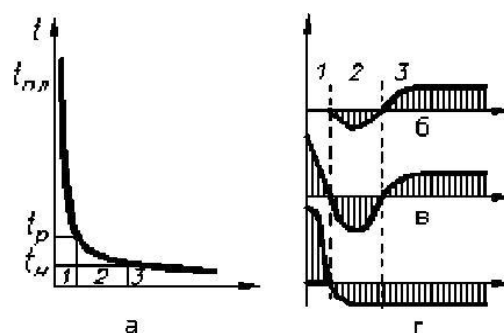
Возможно насыщение поверхности углеродом в результате разложения смазочного материала при высокой температуре. Агрессивные жидкости и газовые среды активизируют изнашивание.

### **Избирательный перенос – особый вид трения**

В 1956 году Д.Н. Гаркунов и И.В. Карельским обнаружили, что при трении медных сплавов о сталь в условиях граничной смазки, исключающей окисление меди, происходят явления избирательного переноса (ИП) меди из твердого раствора медного сплава, на сталь и обратного ее переноса со стали на медный сплав, сопровождающееся уменьшением коэффициента трения до жидкостного и приводящее к значительному снижению износа пар трения.

Таким образом, ИП можно характеризовать как вид трения с новым смазочным материалом, при котором самопроизвольно в процессе работы на поверхностях трения образуется тонкая пластичная пленка металла, в которой происходят сдвиговые деформации. При самом простом рассмотрении ИП можно представить как трение двух деталей, между которыми имеется смазочный материал в виде пластичного металла.

Металлические поверхности, взаимодействуя с химически активными присадками в масле, покрываются пленками химических соединений, роль которых аналогична роли окисных пленок.



**Рисунок – 4. Схема образования остаточных температурных напряжений в поверхностном слое:**

*а - температура изделия при обработке; б- распределение напряжений в теле изделия при обработке; в - напряжения после остывания наружного слоя до температуры  $t_p$ ; г - остаточные температурные напряжения*

Местные фазовые и структурные превращения поверхностного слоя шлифуемой детали известны под названием шлифовочных прижогов. Они образуются вследствие интенсивного (почти мгновенного) тепловыделения на небольшом участке поверхностного слоя. При резании металлов протекают два противодействующих друг другу процесса: упрочнение в результате действия сил резания, которые тем выше, чем больше давление резания, и разупрочнение - снятие наклепа за счет повышающейся температуры резания. Степень наклепа и толщина наклепанного слоя при прочих равных условиях зависят от режима резания.

В зависимости от температуры металл может быть в упругом и пластичном состояниях. В состоянии ползучести металла силы упругости не проявляются, и деформация протекает без стремления материала к восстановлению формы. За температуру  $t_p$  перехода из упругого состояния металла в пластическое можно принять  $450^{\circ}\text{C}$  для углеродистых сталей и  $550^{\circ}\text{C}$  для легированных. Средняя температура поверхностного слоя стали при шлифовании составляет у самой поверхности  $800..850^{\circ}\text{C}$ . Температуры того же порядка развиваются при скоростном точении. Нагрев поверхностного слоя металла при обработке обуславливает образование в нем температурных напряжений.