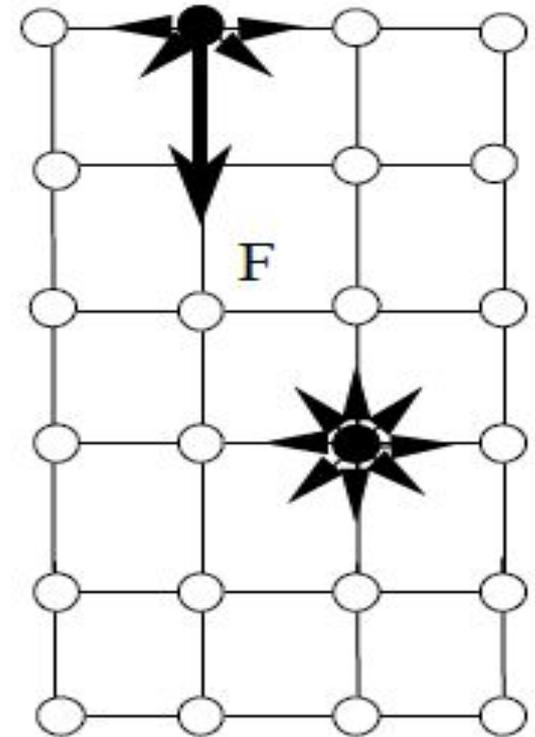


Физические свойства поверхностных слоев

Атомы и другие частицы, находящиеся внутри тела, взаимодействуют при наиболее плотной укладке с 12 соседними. Результирующая всех сил взаимодействия стремится к нулю. Частица, находящаяся на поверхности, взаимодействует с 6 соседними. Равнодействующая сил притяжения со стороны соседей F направлена внутрь тела. Иначе говоря, F действует на граничную молекулу. Поскольку энергия сил притяжения отрицательна, то поверхностная частица обладает энергией, избыточной по сравнению с находящимися внутри (*поверхностной энергией*). Избыточная энергия характеризует способность к межмолекулярному притяжению поверхностей, которое называют *адгезией*. Адгезия проявляется в прилипании.

Притяжение между слоями атомов внутри тела называют *когезией*. Наличие нескомпенсированных связей у граничных частиц приводит к оседанию на поверхности молекул окружающей среды, что снижает запас поверхностной энергии. Процесс поглощения поверхностью молекул называется *адсорбцией*. В результате уменьшения запаса поверхностной энергии выделяется теплота адсорбции.

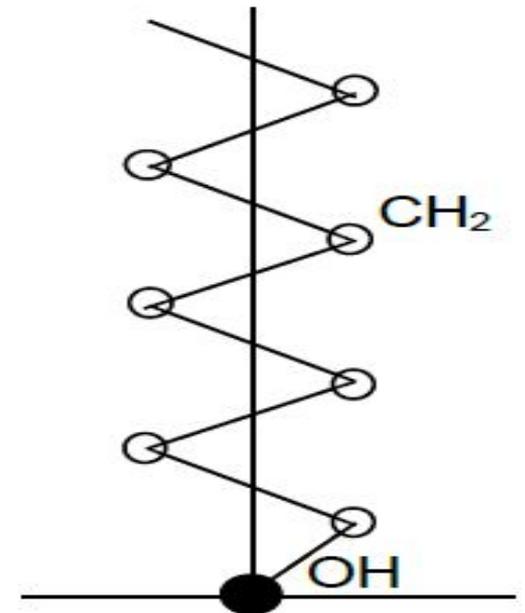


Процесс, обратный адсорбции, называется десорбцией. Различают адсорбцию физическую и химическую. *Физическая адсорбция* связана с притяжением инородных молекул за счет сил Ван-дер-Ваальса. *Хемосорбция* вызвана действием валентных связей. Поверхность в разных точках имеет разную поверхностную энергию. Микродефекты обладают повышенной адсорбционной активностью. За счет физической адсорбции на поверхности молекулы газов и воды оседают в первую очередь на активных участках - центрах адсорбции. Сорбированные молекулы вступают в химическую реакцию с материалом. Так протекает окисление поверхностей, вызывающее коррозию. Образуется *окисная пленка*.

Сорбированная влага и температура стимулируют процесс окисления. Рост окисной пленки сначала происходит быстро, затем замедляется. Пленки различают по толщине: тонкие (толщина до 40 нм), средние (до 500 нм), толстые – видимые (толщиной более 500 нм). Окислы бывают мягкими и рыхлыми, например, у меди, железа и его сплавов (ржавчина). Твердые и сплошные пленки образуются на алюминии, благородных металлах. Свойства окисных пленок обычно существенно отличаются от свойств материала основы. Наиболее важными являются коэффициент теплового расширения, хрупкость, соотношение адгезионной и когезионной прочности. Из-за различия в свойствах пленки могут растрескиваться и отслаиваться, что существенно влияет на изнашивание при трении.

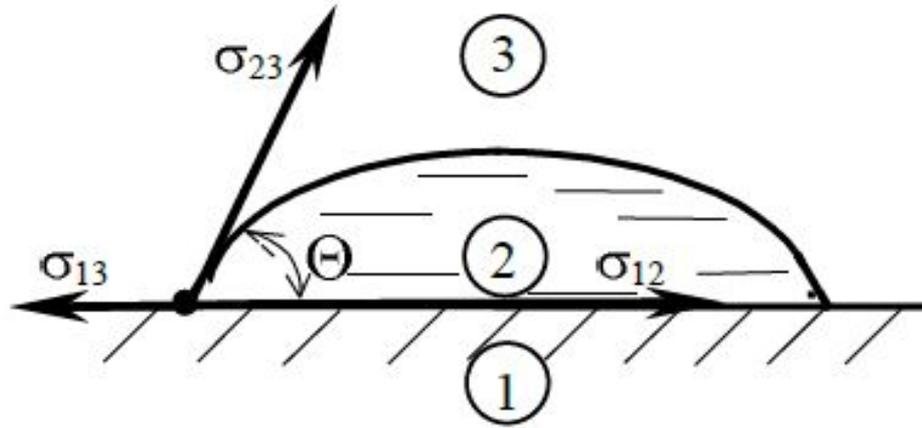
Поверхностно – активные вещества

Особое значение имеет физическая адсорбция молекул *поверхностноактивных веществ (ПАВ)*. К ним относятся, в частности, органические вещества, молекулы которых имеют полярные группы (ОН, СООН, NH₂) и неполярные - CH₂ (рис.). Молекулы ПАВ активными группами сорбируются на активных центрах поверхности, образуя молекулярный ворс, который разделяет пару контактирующих поверхностей и существенно снижает трение. ПАВ, адсорбированные на поверхности твердого тела, способны изменять характер взаимодействия с жидкостью (*смачивание*). В зависимости от того, как ориентируются молекулы ПАВ по отношению к твердой поверхности, последняя может хорошо смачиваться (*гидрофильная*) или плохо (*гидрофобная поверхность*). Так, если молекулярный ворс направлен полярными группами к поверхности, а противоположные концы являются неполярными, то смачивание хорошее, если ориентация молекул противоположная – смачивание плохое.



Оценка *гидрофильности* проводится по величине *угла смачивания* θ (рис. 5.4)

При смачивании $0 < \theta < \pi/2$, при несмачивании $\pi/2 < \theta < \pi$.



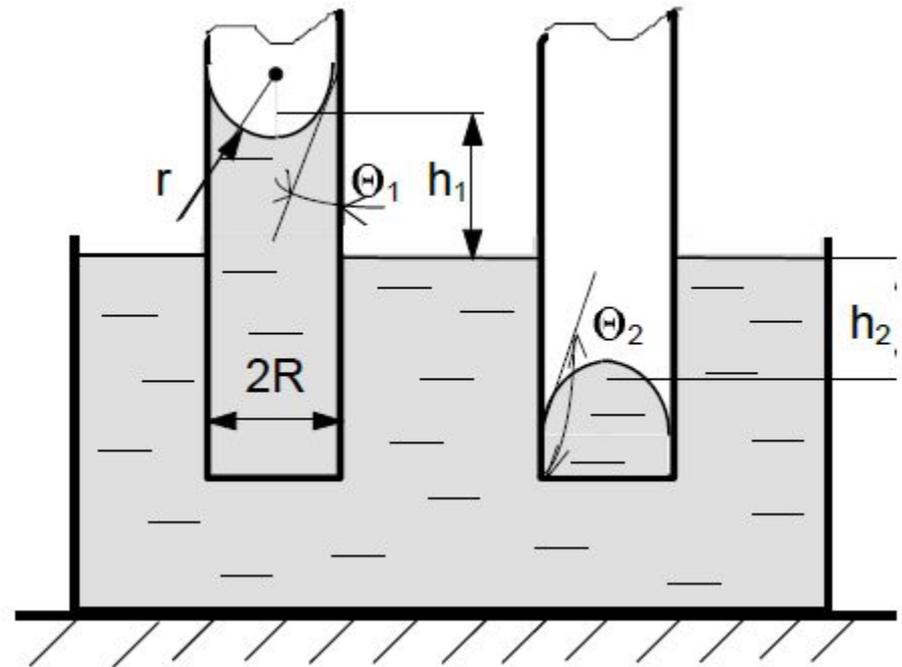
Поскольку система стремится сократить запас поверхностной энергии, то тело пытается уменьшить площадь поверхности. Капля жидкости принимает сферическую форму, так как сфера имеет наименьшее отношение площади поверхности к объему. Поэтому поверхность находится в растянутом состоянии, и если из нее выделить элемент, то действие оставшейся части на элемент можно заменить равномерно по контуру силами натяжения.

Коэффициент поверхностного натяжения

Мерой избыточной поверхностной энергии является коэффициент поверхностного натяжения, равный избыточной энергии в расчете на единицу площади поверхности или силе натяжения, действующей на единицу длины контура элемента поверхности. На рис. 5.4. показаны силы натяжения на границах раздела фаз: σ_{12} – твердое тело – жидкость; σ_{23} – жидкость – газ; σ_{13} – твердое тело – газ. Поскольку система находится в равновесии, сумма сил равна нулю, а $\cos\theta = (\sigma_{12} - \sigma_{13}) / \sigma_{23}$.

За счет сил натяжения жидкость в капиллярах образует мениски (рис.5.5) под которыми возникает давление, рассчитываемое по формуле Лапласа, направленное к центру кривизны:

$$P = \frac{2 \cdot \sigma}{r}$$



Капиллярный эффект

Под действием этого давления наблюдается *капиллярный эффект*, заключающийся в подъеме либо опускании уровня жидкости в капилляре на высоту:

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{R\rho g}$$

Капиллярный эффект имеет большое значение для пористых тел. Он используется для подачи масла в зону трения в подшипниках с пористыми втулками. Адсорбированные молекулы ПАВ, понижая поверхностное натяжение, уменьшают сопротивление пластической деформации поверхностного слоя, пластифицируют его. Это явление называют *эффектом П.А.Рибиндера*. Материал легче обрабатывается, поэтому в состав смазочно-охлаждающих жидкостей, применяемых при механической обработке металлов, добавляют ПАВ. Вторым проявлением эффекта является проникновение молекул ПАВ в систему микротрещин и места скопления дислокаций. Добираясь до устья микротрещины, молекулы ПАВ, стремясь к началу устья, действуют как клин, раздвигают микротрещину, и она продвигается дальше внутрь материала. Так понижается прочность всего тела, которое при определенных условиях без силового воздействия может распасться на мелкие блоки.

Физико-механические показатели поверхностных слоев

● Наиболее важными для трибологии физико-механическими показателями поверхностных слоев являются *микротвердость* (H_μ), *модули Юнга и сдвига* (E, G), *предел сдвиговой прочности* (τ_s). Эти показатели определяют процессы трения и изнашивания. Микротвердость определяется чаще всего методом вдавливания в исследуемую поверхность алмазной пирамиды с углом между гранями 136° под нагрузкой N . Под микроскопом измеряют диагональ отпечатка (d). Величина микротвердости рассчитывается по формуле:

$$H_\mu = 1.854 \cdot N/d^2 .$$

Метод стандартизирован. Величина микротвердости связана с пределом текучести при растяжении (σ_s) и пределом сдвиговой прочности:

$$H_\mu \cong 3\sigma_s \cong 6\tau_s .$$

С понижением температуры (начиная от комнатной) микротвердость меняется слабо в сторону повышения. При увеличении температуры микротвердость существенно снижается.