

занных со структурными превращениями поверхностных слоёв, процессами избирательной диффузии и др. [6]. При скоростях скольжения 10—100 м/с темп-ра поверхности может быть 100—1000 °С. Высокая темп-ра поверхности Т. в. достигается почти мгновенно, она пропорц. скорости скольжения, давлению (обычно равному твёрдости) и обратно пропорц. температуропроводности [7]. Проявление релаксац. свойств материалов при малых скоростях скольжения (до 1 м/с) и снижение механ. свойств за счёт нагрева при больших скоростях скольжения приводят к переходу коэф. Т. в. через максимум при увеличении скорости скольжения [5]. Для хрупких теплоустойчивых материалов эта закономерность слабо выражена. Вследствие зависимости f_c от продолжительности неподвижного контакта и скорости скольжения возникают механ. релаксац. колебания при Т. в.

Потребности новой техники, где имеют место высокоскоростные и высокотемпературные режимы, привели к широкому применению разл. смазочных материалов (как жидких, так и твёрдых) и созданию спец. самосмазывающихся материалов.

Трение качения — важная разновидность Т. в., широко используемая в технике вследствие ничтожных значений силы Т. в. качения по сравнению с Т. в. скольжения. Причины Т. в. качения: потери на упругий гистерезис, связанный со сжатием под нагрузкой катящегося тела и материала основания; работа, затрачиваемая на передформирование материала в результате формирования валика перед катящимся телом; преодоление мостиков сцепления. При достаточно протяжённых размерах площадки касания в зоне контакта возникает проскальзывание, приводящее к уже рассмотренному выше Т. в. скольжения, т. е., согласно Рейнольдсу, материал катящегося тела в зоне касания сжат, а материал основания растянут. Для расчёта коэф. сопротивления перекачиванию можно пользоваться ф-лой $f_k = FR^2/P^2$, где R — радиус катка. В зависимости от выбранной модели величины x и y принимают разл. значения, а f_k выражается в зависимости от геом. характеристик и свойств материалов. При больших скоростях качения, сопоставимых со скоростью распространения деформации в теле, сопротивление перекачиванию резко увеличивается и тогда выгоднее переходить к Т. в. скольжения.

Лит.: 1) Ахматов А. С., Молекулярная физика граничного трения, М., 1963; 2) Дерягин Б. В., Что такое трение?, 2 изд., М., 1963; 3) Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбало В. С., Основы расчетов на трение и износ, М., 1977; 4) Бонуден Ф. П., Тейбор Д., Трение и смазка твердых тел, пер. с англ., М., 1968; 5) Баргнев Г. М., Лаврентьев В. В., Трение и износ полимеров, Л., 1972; 6) Поверхностная прочность материалов при трении, под ред. Б. И. Костецкого, К., 1976; 7) Щедров В. С., Температура на скользящем контакте, в сб.: Трение и износ в машинах, сб. 10, М., 1955; 8) Лихтман В. И., Ребиндер П. А., Карпенко Г. В., Влияние поверхностно-активной среды на процессы деформации металлов, М., 1954.

И. В. Крагельский, М. Н. Добычин.

ТРЕ́НИЯ КОЭФФИЦИЭ́НТ — величина, характеризующая *трение внешнее*. В зависимости от вида перемещения одного тела по другому различают Т. к. скольжения и качения.

Коэф. трения скольжения f_c — отношение силы трения F к реакции N , возникающей при приложении нагрузки, прижимающей одно тело к другому и направленной по нормали к поверхности касания: $f_c = F/N$. В зависимости от величины тангенциальной силы (см. рис. к ст. *Трение внешнее*) различают коэф. неполного трения скольжения, коэф. трения покоя и коэф. трения скольжения. Все эти Т. к. могут изменяться в широких пределах в зависимости от шероховатости и волнистости поверхности, характера плёнок, покрывающих поверхности. Для протяжённого контакта они мало изменяются с изменением нагрузки. В зависимости от величины Т. к. скольжения пары трения делят на две группы: фрикц. материалы, имеющие большой Т. к. — обычно 0,3—0,35, редко 0,5—0,6, и антифрикционные, имеющие Т. к. без смазки 0,15—0,12, при граничной смазке 0,1—0,05.

Сопротивление свободному качению твёрдого тела (напр., колеса) характеризуют коэф. трения качения f_k —

отношением момента M сопротивления перекачиванию к нормальной нагрузке: $f_k = M/N$. Если на колесо действуют ведущий или тормозной моменты, то коэф. сцепления ψ колеса с дорожным покрытием определяется равенством: $\psi = T_x/N$, где T_x — неполная сила трения скольжения, возникающая между катящимся колесом и дорогой. Коэф. f_k и ψ существенно зависят от природы трущихся тел, характера покрывающих их плёнок и скорости качения. Обычно для металлов (сталь по стали) $f_k = 0,001—0,002$ см. При движении автомобиля со скоростью 80 км/ч Т. к. колёс по асфальту $f_k = 0,02$ см и резко возрастает с увеличением скорости. Коэф. сцепления ψ на сухом асфальте доходит у автомобильных колёс до 0,8, а при наличии плёнки воды снижается до 0,2—0,1.

И. В. Крагельский.

ТРЕ́ТИЙ ЗВУК — см. *Звук* в сверттекучем гелии.

ТРЕ́ТЬЕ НАЧА́ЛО ТЕРМОДИНА́МИКИ (Нернста теорема) — закон термодинамики, согласно к-рому энтропия S равновесной системы стремится к конечному пределу, не зависящему от давления, плотности, др. термодинамич. параметров или *фазы*, при стремлении темп-ры к абс. нулю. Установлено экспериментально В. Нернстом (W. Nernst, 1906). Т. н. т. справедливо, напр., для всех чистых кристаллич. веществ, квантовых жидкостей и газов.

Согласно второму началу термодинамики, энтропия определяется лишь с точностью до постоянного слагаемого S_0 . В 1911 М. Планк (M. Planck) предложил принять состояние при 0 К за начальное и считать, что $\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$,

т. е. $S_0 = 0$. Тогда энтропия любого состояния определяется однозначно как абсолютная энтропия. Определение Планка удобно с точки зрения квантовой механики, к-рая тогда позволяет однозначно определить значения хим. констант (константы равновесия хим. реакций), что выходит за пределы формальной термодинамики.

Нернст установил свою теорему, используя теорию хим. сродства и хим. констант (см. *Химическая термодинамика*). Хим. сродство определяется макс. работой $l = -\Delta G$, где ΔG — разность *Гиббса энергий* (ф-ций темп-ры и давления) реагирующих веществ и удовлетворяет термодинамич. соотношению

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S, \quad (1)$$

где ΔH — разность *энтальпий* реагирующих веществ. Член $T \Delta S$ при низких темп-рах очень мал, особенно в реакциях с участием конденсированных фаз. На этом основано правило Бергто, согласно к-рому теплота реакций, идущих самопроизвольно, положительна. Однако когда преобладает член $T \Delta S$, это правило несправедливо и реакция может быть эндотермической. Теорема Нернста состоит в предположении, что при стремлении абс. темп-ры к нулю обращается в нуль не только $T \Delta S$, но и ΔS . Отсюда с использованием *Гиббса — Гельмгольца уравнения* следует, что обращаются в нуль теплоёмкости при пост. давлении C_p и пост. объёме C_v :

$$\lim_{T \rightarrow 0} C_p = \lim_{T \rightarrow 0} C_v = 0. \quad (2)$$

Из Т. н. т. следует, что кривые $\Delta H(T)$ и $\Delta G(T)$ должны иметь горизонтальную касательную при $T \rightarrow 0$ (рис.).

Т. к. из второго начала термодинамики следует $(\partial S/\partial P)_T = -(\partial V/\partial T)_P$ и $(\partial S/\partial V)_T = (\partial P/\partial T)_V$, а, согласно Т. н. т., $\lim_{T \rightarrow 0} (\partial S/\partial P)_T = \lim_{T \rightarrow 0} (\partial S/\partial V)_T = 0$, то при $T \rightarrow 0$ ко-

