ТРЕНИЕ НЕСМАЗАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ. СИЛОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Особенности внешнего трения

Внешнее трение реализуется в отдельных, изолированных друг от друга зонах фактического контакта

Условие реализации внешнего трения $$p_c \le \frac{0{,}125 HB}{\Delta^2}\left(1 - 6 \cdot f_m\right)^2$$

HB - твердость менее твердого тела, МПа

Δ - комплексная характеристика шероховатости более твердого тела

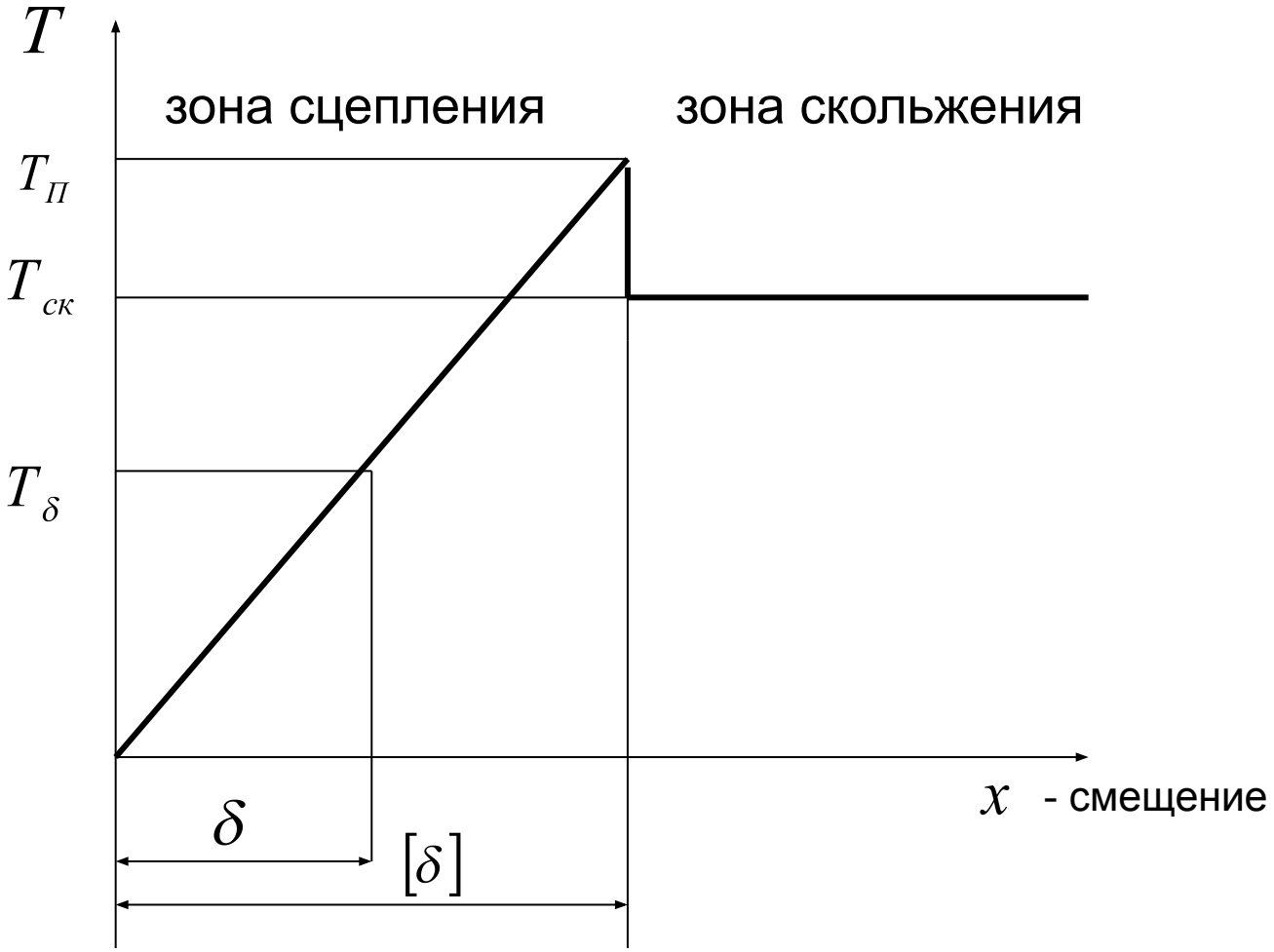
$f_m = \dfrac{\tau_n}{HB}$ - адгезионная (молекулярная) составляющая коэффициента трения

$\tau_n = \tau_o + \beta \cdot p_r$ - средние касательные напряжения, возникающие на границах раздела в результате межмолекулярных взаимодействий

τ_o, β - фрикционные параметры, определяемые экспериментально

p_r - фактическое давление

Предварительное смещение



Предварительное смещение

Величина предварительного смещения

$$\delta = [\delta]\left\{1 - \left[1 - \frac{T}{f \cdot N}\right]^{0,4}\right\}$$

Максимальная величина предварительного смещения

$$[\delta] = 0,84 \cdot f \cdot R_{\max} \cdot \varepsilon$$

$$[\delta] = 4,9 \cdot f \cdot r \cdot \left(\frac{p_c}{E}\right)^{0,4} \cdot \Delta^{0,9}$$

ННУК

$$[\delta] = 1,41 \cdot r \cdot \Delta^{0,5} \cdot \left(\frac{p_c}{HB}\right)^{0,25} \left[1,19\left(1 + f^2\right)^{0,125} - 1\right]$$

ННПК

$$[\delta] = 1,41\sqrt{r \cdot R_{max}}\left(\frac{p_c}{HB}\right)^{0,5} \left[1,41\left(1 + f^2\right)^{0,25} - 1\right]$$

НПК

Коэффициент трения скольжения

Закон Амонтона – Кулона

$$f = \frac{T}{N}$$

N – нормальная нагрузка
T – сила трения

Сила трения складывается из сил, возникающих при скольжении на отдельных микронеровностях:

$$T = \int_0^{n_r} T_i \cdot d_{nr}$$

Сила трения включает две составляющие - адгезионную (молекулярную) и когезионную (деформационную).

$$T_i = T_{mi} + T_{\partial i}$$

Коэффициент трения скольжения

Молекулярная составляющая

$$T_{mi} = \tau_n \cdot \pi \cdot r \cdot h_i$$

Деформационная составляющая

1) для упругого контакта

$$T_{\partial i} = 0{,}25\alpha_{эф} \cdot \frac{h_i^2}{\Theta}$$

$$\alpha_{эф} = 2{,}5\alpha_{Г}$$

2) для пластического контакта

$$T_{\partial i} = 1{,}68 \cdot HB^{0,5} \cdot h_i^{1,5}$$

n_r - число фактических пятен контакта

r - радиус микронеровностей

h_i - сближение микронеровностей

$\alpha_{Г}$ - коэффициент гистерезисных потерь.

Коэффициент трения скольжения

ННУК $$f = \frac{2,4 \cdot \Theta^{0,8}}{p_c^{0,2} \cdot \Delta^{0,4}} \cdot \tau_0 + \beta + 0,24\alpha_{эф} \cdot p_c^{0,2} \cdot \Delta^{0,4} \cdot \Theta^{0,2}$$

Для материалов с высоким модулем упругости (металлы)

$$f_{\min} = 1,41\sqrt{\tau_0 \cdot \alpha_{эф} \cdot \Theta} + \beta$$

При контурном давлении

$$p_c = \frac{2,2 \cdot 10^2}{\Delta^2}\left[\frac{\tau_0}{\alpha_{эф}} \cdot \Theta^{0,6}\right]^{2,5}$$

При комплексной характеристике шероховатости

$$\Delta = \frac{15\Theta^{0,75}}{p_c^{0,5}} \cdot \left(\frac{\tau_0}{\alpha_{эф}}\right)^{1,25}$$

Коэффициент трения скольжения

ННПК

$$f = \frac{\tau_0}{HB} + \beta + 0{,}5 \cdot \Delta^{0{,}5} \cdot \left(\frac{p_c}{HB} \right)^{0{,}25}$$

При переходе упругих деформаций в пластические

$$f_{min} = f + 0{,}9\left(\Theta \cdot HB\right)^2$$

При контурном давлении

$$p_c = 7{,}5 \cdot \Delta^{-2} \cdot \Theta^4 \cdot HB^5$$

При комплексной характеристики шероховатости

$$\Delta = 2{,}7 \cdot p_c^{-0{,}5} \cdot \Theta^2 \cdot HB^{2{,}5}$$

Коэффициент трения скольжения

С ростом нагрузки ННПК переходит в НПК и при дальнейшем ее росте коэффициент трения постоянно растет, достигая величины для НПК

$$f_{\max} = f_m + 0{,}3 \cdot \Delta^{0{,}5}$$

При контурном давлении $p_c \to 0{,}33HB$

Рост величины коэффициента трения ограничен несущей способностью микронеровностей, которая теряется при достижении относительного сближения

$$\varepsilon = 0{,}445$$

Коэффициент трения скольжения

ННУК $f \sim p_c^{-0,2}$ $f \sim \Delta^{-0,4}$ $f \sim E^{-0,8}$

ННПК $f \sim p_c^{0,25}$ $f \sim \Delta^{0,5}$ $f \sim HB^{-1}$

НПК $f \sim p_c^{0,5}$ $f \sim \Delta^{0,5}$ $f = HB^{-0,5}$

С ростом нагрузки по мере перехода от упругого контакта к пластическому коэффициент трения переходит через минимум в зоне упругого контакта и возрастает при пластическом контакте.

При пластическим контакте с уменьшением комплексной характеристики шероховатости коэффициент трения уменьшается, но в определенный момент пластический контакт переходит в насыщенный, что ведет уже к росту коэффициента трения.