ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ИМЕНИ С. М. КИРОВА

Том 188 1974

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВЕЛИЧИНЫ УПРУГОГО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ И РАССЕИВАЕМОЙ В КОНТАКТЕ ЭНЕРГИИ

Б. П. МИТРОФАНОВ, В. И. МАКСАК

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Если к находящемуся на твердой поверхности телу приложить сдвигающую силу, равную по величине неполной силе трения, то между соприкасающимися телами возникает тангенциальный сдвиг. Это явление называется предварительным смещением, причем ему сопутствуют такие необратимые процессы, как рассеивание энергии.

Моделируя шероховатую поверхность множеством сферических выступов, для предварительного смещения каждого из которых можно применить решение Р. Миндлина о сдвиге упругих сфер [1], и используя представление о средних величинах, можно оценить влияние геометрии шероховатой поверхности.

Так, смещение для единичного сферического выступа

$$\Delta = \frac{3(2-\mu)}{8Ga} fN \left[1 - \left(1 - \frac{P}{fN}\right)^{2/3}\right], \tag{1}$$

где

μ — коэффициент Пуассона;
G — модуль сдвига;
a — радиус пятна касания;
f — коэффициент трения;
N — сила сжатия;
P — сила сдвига.

Поделив силу сжатия и фактическую площадь контакта A_r на число контактирующих выступов n_r, имеем средние значения соответственно силе сжатия N и фактической площади касания единичного выступа A_r.

Таким образом,

$$\overline{N} = \frac{N}{n_r}, \quad \overline{a} = \sqrt{\frac{A_r}{\pi n_r}}, \tag{2}$$

где

$\overline{a}$ — средний радиус контакта выступа.

Подставляя полученные значения $\overline{N}$ и $\overline{a}$ в формулу (1), имеем:

$$\overline{\Delta} = \frac{3(2-\mu) fN}{8G} \varphi \left[1 - \left(1 - \frac{P}{fN}\right)^{2/3}\right], \tag{3}$$

где

$$\varphi = \left(\frac{\pi}{n_r A_r}\right)^{1/2}. \tag{4}$$

Влияние геометрии поверхности контакта на упругое смещение $\overline{\Delta}$ заложено в члене φ. Таким образом, вычисляя его, можно сравнить между собой средние смещения контактов с различной геометрией.

Аналогично можно определить влияние геометрии поверхности на величину рассеиваемой энергии. Так, для единичного сферического выступа величина рассеивания

$$\omega = \frac{(2-\mu)P^3}{36GafN},$$

или с учетом (2) средняя величина

$$\overline{\omega} = \frac{2-\mu}{36Gf} \cdot \frac{P^3}{N} \cdot \varphi. \tag{5}$$

Здесь φ имеет то же значение, что и функция (4). Следовательно, влияние геометрии шероховатой поверхности на смещение и величину рассеиваемой энергии можно оценить величиной φ, определив n_r и A по Н. Б. Демкину [2].

$$n_r = \frac{A_c b \nu \varepsilon^{\nu-1}}{2\pi r h_{\max}},$$

$$A_r = A_c b \varepsilon^{\nu},$$

$$\varepsilon = \left\{ \frac{3\pi(1-\mu^2) r^{1/2} N}{b K_2 h_{\max}^{1/2} E A_c} \right\}^{\frac{2}{2\nu+1}}.$$

Тогда

$$\varphi = \frac{4{,}44}{\nu^{1/2}} \left\{ \left[\frac{K_2}{3\pi(1-\mu^2)} \right]^{\frac{2\nu-1}{2\nu+1}} \left[\frac{h_{\max}^{2\nu} r}{b^2 A_c^2} \right]^{\frac{1}{2\nu+1}}, \tag{6}$$

где

$h_{\max}$ — максимальная высота неровностей;
r — радиус сферического выступа;
A_c — контурная площадь контакта;
b и ν — параметры кривой опорной поверхности.

Коэффициент K_2 имеет следующие значения:

при $\nu = 1$ $K_2 = 1$;
при $\nu = 2$ $K_2 = 0{,}8$;
при $\nu = 3$ $K_2 = 0{,}68$.

В числовых расчетах удобно вычислять $\frac{\varphi_1}{\varphi_2}$, где φ_1 — функция φ для одной чистоты обработки поверхности, φ_2 — для другой.

Согласно (6) величина φ изменяется в зависимости от шероховатости примерно в 2 раза, возрастая для грубых поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. D. Mindlin. Compliance of elastic bodies in contact. J. Appl., Mech., 16, 1949.
2. Н. Б. Демкин. Фактическая площадь касания твердых поверхностей. Изд. Академии наук СССР, М., 1962.