

МАШИНОСТРОЕНИЕ

З. А. МАИВЕЛЯН

ВЛИЯНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СКАЧКИ ПРИ ТРЕНИИ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Представления о природе фрикционного контакта, исходящие из предположения о наличии либо чисто упругой, либо упруго-пластической деформации в зонах соприкосновения, оказались недостаточными для объяснения причин возникновения механических автоколебаний.

Установлено [1], что фрикционный контакт имеет упруго-вязкую природу, а в точках касания протекают явления, до некоторой степени аналогичные ползучести. Анализ особенностей взаимодействия соприкасающихся поверхностей, т. е. особенностей образования, изменения и разрушения отдельных точек контакта, изучение влияния обработки и геометрического состояния поверхностей трения позволили в значительной степени выявить влияние отдельных факторов на фрикционные характеристики пар трения.

В случае сухого трения при малых скоростях и отсутствии влияния температуры на фрикционные характеристики возбуждение механических автоколебаний и их величина обусловлены главным образом зависимостью силы трения покоя от продолжительности неподвижного контакта [2, 3].

Поскольку постоянно удельной силы трения (при сухом трении) обеспечивает изменение силы трения при сближении исключительно за счет роста фактической площади контакта, исследование статических фрикционных характеристик и, в частности, зависимости силы трения покоя от продолжительности неподвижного контакта может быть произведено на основе анализа формирования фактической площади контакта.

Рост силы трения вызван увеличением фактической площади контакта трущихся тел во времени, поскольку сила трения представляет собой произведение удельной силы трения τ на величину фактической площади контакта A_f , т. е.:

$$T = \tau A_f. \quad (1)$$

Величина фактической площади контакта зависит от реологических характеристик твердых тел, шероховатости, нагрузки и др. следующим образом [1, 2]:

$$A_r = A_a^{\frac{m}{\nu+m}} b^{\frac{m}{\nu+m}} \left(\frac{\nu+m}{B} \right)^{\frac{\nu}{\nu+m}} (1 - e^{-\beta t^\beta})^\nu N^{\frac{\nu}{\nu+m}}, \quad (2)$$

где β и p — коэффициенты, характеризующие реологическую природу контакта по Б. М. Равнинскому и В. Г. Лютау [4, 5]; A_a — контурная площадь касания; m — коэффициент, характеризующий деформационные свойства материала; b и ν — параметры опорной кривой; B — коэффициент, близкий к твердости по Майеру; t — время неподвижного контакта; N — нагрузка.

Выражение (2) характеризует не только влияние отдельных факторов на фактическую площадь касания, но и позволяет аналитически определить зависимость силы трения покоя от времени неподвижного контакта. Действительно, если удельную силу трения выразить в виде дробления

$$\tau = \alpha_1 + \beta_1 q, \quad (3)$$

где α_1 и β_1 — константы, характеризующие взаимодействие физических поверхностей твердых тел, q — удельное давление на контакте, то учитывая (1) и (2), получим:

$$T = \alpha \cdot A_a^{\frac{m}{\nu+m}} b^{\frac{m}{\nu+m}} \left(\frac{\nu+m}{B} \right)^{\frac{\nu}{\nu+m}} (1 - e^{-\beta t^\beta})^\nu N^{\frac{\nu}{\nu+m}} + \beta_1 (1 - e^{-\beta t^\beta})^{\nu+m} \cdot N \quad (4)$$

Для случая сухого трения формула (4) может быть упрощена, т. к. в биномиальной зависимости (3) второй член для мягких материалов составляет малую величину (значение β для них порядка 0,01—0,02). Исходя из этого:

$$T = \alpha \cdot A_a^{\frac{m}{\nu+m}} b^{\frac{m}{\nu+m}} \left(\frac{\nu+m}{B} \right)^{\frac{\nu}{\nu+m}} (1 - e^{-\beta t^\beta})^\nu N^{\frac{\nu}{\nu+m}}. \quad (5)$$

Как показано в [3], на «скачки» больше влияет вид кривых зависимостей силы трения покоя от времени неподвижного контакта, чем их абсолютные значения. Исходя из этого, функцию рассмотрим в зависимости от переменной t , принимая остальные параметры постоянными:

$$T = T^* (1 - e^{-\beta t^\beta}). \quad (6)$$

Функция (5) имеет асимптоту T^* , уравнение которой имеет вид:

$$T^* = \alpha \cdot A_a^{\frac{m}{\nu+m}} b^{\frac{m}{\nu+m}} \left(\frac{\nu+m}{B} \right)^{\frac{\nu}{\nu+m}} N^{\frac{\nu}{\nu+m}}. \quad (7)$$

Одну и ту же асимптоту может иметь бесчисленное множество кривых (рис. 1), если в их уравнении (6) изменить параметры δ и p . Легко убедиться в том, что при больших значениях δ и p функция (6) быстро возрастает (кривая 1), т. е. реологические свойства фрикционного материала сильно влияют на рост трения покоя от продолжительности неподвижного контакта. И наоборот: при малых значениях функция возрастает медленно и имеет пологий вид (кривая 3), следовательно, влияние реологических свойств меньше.

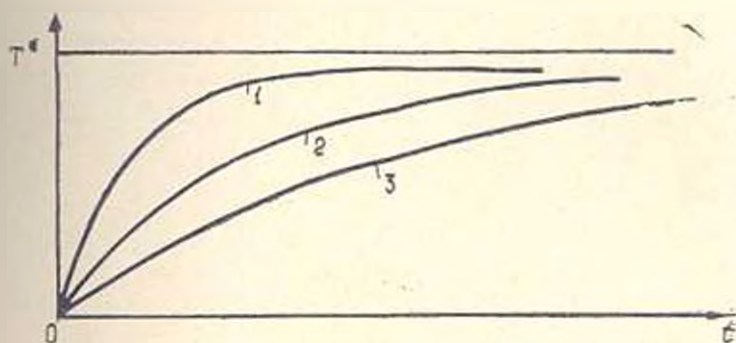


Рис. 1 Зависимость силы трения покоя от продолжительности неподвижного контакта.

Для использования формулы (6) нами предлагается достаточно простой экспериментальный метод определения реологических констант δ и p .

Поскольку выявлено [1, 2], что форма внедряемого индентора практически не влияет на величину констант δ и p , то и наиболее рациональной формой индентора при вычислениях реологических констант является сферическая (рис. 2), т. к. она упрощает использование распространенных приборов (пресс Бринеля) для определения реологических свойств материалов.

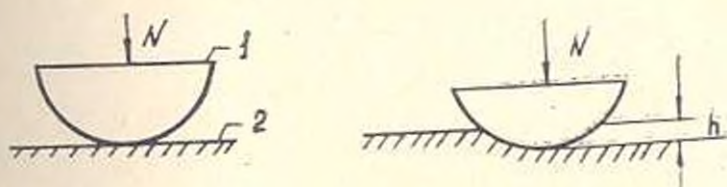


Рис. 2. Схема погружения индентора: 1—индентор; 2—материал.

В результате регистрации процесса погружения индентора в материал получаем кривую зависимости глубины внедрения h от времени неподвижного контакта t (рис. 3).

Весьма отчетливо можно установить ту асимптоту, которая ограничивает глубину внедрения — это величина принимается за глубину при бесконечно большом значении времени контакта — h_{∞} . Затем на кривой выбирают две точки (например, a и b) с координатами соответственно: h_a, t_a ; h_b, t_b .

Кривая погружения описывается формулой:

$$h = h_{\infty} (1 - e^{-\lambda t^p}). \quad (8)$$

Имея

$$\begin{cases} h_1 = h_{\infty} (1 - e^{-\lambda t_1^p}), \\ h_2 = h_{\infty} (1 - e^{-\lambda t_2^p}), \end{cases} \quad (9)$$

и решив эту систему, можно определить обе реологические константы.

Для этого необходимо сделать не менее 20 измерений для каждого материала, при 2—3 различных нагрузках, и для каждого определить свои δ и p , а затем сравнить их.

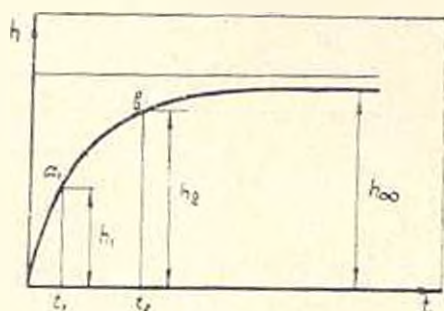


Рис.-3. Зависимость глубины внедрения от времени неподвижного контакта.

Таким образом, выбор пар трения, обеспечивающих плавность перемещения, обусловлен не только их фрикционными характеристиками, но и реологическими свойствами, что должно быть учтено при выборе того или иного материала. А реологические константы можно определить по предложенной методике.

ЕрIII ևմ Կ. Մարյա

Поступило 14 XII. 1978

2. Ա. ՄԱՆԿԵԼՅԱՆ

ՇՊԱԿԱՆ ԿՅՈՒԹԵՐԻ ՌԵՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆՆԵՐԻ
ԱԶԳԻՆՑՈՒՅՈՒՆԸ ՑԱՏԿԱԶՆԵՎ ՇԱՐՖԻՐԱՆ ՎԵՐ ԽՎ ԿՐԱՆՑ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. լ. մ.

Ցույց է տրված, որ կայուն տեղաշարժ աղաժավող շփման դույզի բնա-
բությունը պայմանավորված է ոչ միայն շփական հատկություններով, այլև
նյութի ռեոլոգիական հատկատուն գործակիցներով:

նշելով դադարի շփման ուժի և իրական հսկման մակերեսի կապից, առաջարկված է ռեոլոգիական գործակիցների որոշման փորձնական նշանակ, որոնք կարևոր են շփման ժամանակ ցատկաձև շարժումը վերացնող նյութերի ընտրության համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Крайновский Н. В. Трение и износ. М., «Машиностроение», 1968.
2. Костерин Ю. И. Механические автоколебания при сухом трении. М., Изд. АН СССР, 1960.
3. Манвелян З. А. Оценка устойчивости медленных перемещений в нагривающих станках с ЧПУ с применением ЭВМ. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXX, № 6, 1977.
4. Лютцау В. Г. Исследование релаксации напряжений в металлах при комнатной температуре методами измерения поперечной деформации и рентгеноанализа. Автореферат канд. диссерт., М., 1957.
5. Равинский Б. М. К вопросу о механизме релаксации напряжений в металлах. «Известия АН СССР, ОТН», № 2, 1957.