

возможностей этих полимеров. Наиболее важными свойствами полимеров в рассматриваемой ситуации являются термостойкость, жароупорность, негорючесть, прочность.

Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий тяжелого типа должна быть устойчива к воздействию: температуры 200 °С в течение 960 секунд, 800 °С – в течение 20 секунд; теплового потока интенсивностью 18 кВт/м² – в течение 960 секунд, 25 кВт/м² – в течение 240 секунд, 40 кВт/м² – в течение 120 секунд; открытого пламени – в течение 30 секунд.

Анализ полимерных материалов показал, что предъявляемым требованиям соответствуют полиимидные пленки [1]. Полиимиды – твердые, негорючие вещества с плотностью (1,35-1,48 г/см³). Полиимиды характеризуются высокой термостойкостью и устойчивостью к действию γ -лучей, быстрых электронов и нейтронов, мало изменяют свои свойства в диапазоне температур от -240 до 260 °С и выдерживают кратковременный нагрев до температуры 400 °С [2]. Они устойчивы к действию органических растворителей, инертны к действию масел и разбавленных кислот, отличаются высокой стабильностью размеров, имеют хорошие адгезионные свойства и повышенную сравнительно с другими полимерами теплопроводность, но разрушаются под действием концентрированных кислот и щелочей.

До 300 °С полиимиды не претерпевают никаких изменений своей химической структуры и физико-химических свойств в течение длительного времени [3].

В интервале 300-500 °С полиимидные материалы могут сохранять свои свойства ограниченное время, которое по ряду показателей экспоненциально уменьшается с ростом температуры. При температурах 450-500 °С быстро происходят трансформация химической структуры полимеров.

В лаборатории учреждения «НИЦ Витебского областного управления МЧС Республики Беларусь» проведены экспериментальные исследования теплофизических и огнестермостойких свойств полиимидных пленок. Установлено, что полиимидные пленки марки ПМ соответствуют требованиям, предъявляемым к материалу верха специальной защитной одежды пожарных от тепловых воздействий тяжелого типа.

Таким образом, проведенные аналитические и экспериментальные исследования показывают, что применение полиимидных пленок оптимально при производстве материала верха для специальной защитной одежды пожарных.

Список использованных источников

1. Обоснование оптимальных технических решений и разработка технологии производства огнестермостойкого материала верха для специальной защитной одежды пожарных от повышенных тепловых воздействий тяжелого типа. Этап № 3: отчет о НИР (промежуточный) / Учреждение «НИЦ Витебского областного управления МЧС»; рук. Ольшанский В.И. – Витебск, 2012. – 58 с. – № ГР 20121584.
2. Жукова, С. А. Структурные эффекты плазмохимической обработки тонких полиимидных пленок и покрытий в технологии устройств микросистемной техники : дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. – Москва : «МАТИ» – РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2004. – 180 с.
3. Сазанов, Ю. Н. Термический анализ органических соединений / Ю. Н. Сазанов. – Ленинград : Наука, 1991, 7-25. 315 с.

УДК 620.179.112

МОДЕЛИ ТРЕНИЯ В ТРИБОЛОГИИ

Асп. Москалец Р.А., к.т.н., доц. Ковчур А.С.

Витебский государственный технологический университет

При исследованиях технологических свойств порошка и пластификации порошковых материалов основное место занимает исследование процессов трения. При этом поверхность может рассматриваться и как некий идеальный геометрический объект

определенной формы, и как реальный физический объект, с некой толщиной и специфическими физико-механическими свойствами. Но построить адекватную модель трения или считать трущиеся сопряжения можно лишь на основе изучения напряженно-деформированного состояния зоны контакта, опираясь на решения контактных задач механики твердого деформированного тела. А в свою очередь специфика фрикционных контактов такова, что при их анализе приходится иметь дело с большой группой факторов, среди которых дискретность контакта, разнообразие типов деформирования неровностей даже в пределах одной области контакта, при этом происходит изменение этих свойств в процессе трения, в частности под влиянием фрикционного нагрева.

При изучении моделей трения наибольшую заинтересованность у трибологов вызывает модель трения с упругим контактом и упругим контактом с адгезией. При анализе модели трения с упругим контактом самый простой случай – это контакт двух тел, например, шаров с радиусами R_1 и R_2 (рисунок). С первоначальным соприкосновением в точке O . Расстояние от плоскости их касания до точек A_1 и A_2 , находящихся на малом расстоянии l от оси z , можно представить в виде $z_i = \frac{r^2}{2R_i}$ ($i=1,2$), где $r^2 = x^2 + y^2$. Исходя из уравнения меридионального сечения шара $(z-R)^2 + r^2 = R^2$, можно получить $z = R - (R^2 - r^2)^{1/2} = R - R(\frac{1-r^2}{R^2})^{1/2}$. Поскольку $r \ll R$, то $(\frac{1-r^2}{R^2})^{1/2} \approx \frac{1-r^2}{2R^2}$. Итак, до деформации тел, касающихся в точке O , расстояние между точками A_1 и A_2 равно $z_1 + z_2 = \frac{r^2}{2R_1} + \frac{r^2}{2R_2} = \frac{r^2}{2R}$, $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.

При приложении нормальной нагрузки P происходит деформация (сжатие) тел, при смещении точек T_1 и T_2 по направлению к точке касания O на расстояние δ_1 и δ_2 . Если бы тела могли без деформации беспрепятственно проникать друг в друга, то их поверхности заняли бы положения, показанные пунктиром на рисунке. Но поскольку это не так, то происходит местное сжатие тел, в процессе которого плоскость касания в точке O остается неподвижной, а точки A_1 и A_2 смещаются параллельно оси z на ψ_1 .



Рисунок – Контакт двух шаров после сжатия

В результате местной деформации формируется круговая площадка контакта, по которой распределяется общая нагрузка P с пока неизвестной интенсивностью $p(r)$, связанные соотношением $P = 2\pi \int_0^a p(r) r dr$.

Так как радиус контакта мал по сравнению с размерами шаров, то вблизи области контакта их можно рассматривать как полупространства и использовать формулу для нормального перемещения ω .

$$\omega(x,y) = \frac{1-\nu^2}{\pi E} \iint_{\Sigma} \frac{p(\xi,\eta) d\xi d\eta}{((x-\xi)^2 + (y-\eta)^2)^{3/2}}$$

В итоге получаем следующее интегральное уравнение

$$\frac{1}{\pi} \left(\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right) \int_0^a \frac{p(\xi,\eta) d\xi d\eta}{((x-\xi)^2 + (y-\eta)^2)^{3/2}} = \delta - \frac{x^2}{2R} - \frac{y^2}{2R}$$

Вводим обозначение $\frac{1}{E} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}$.

Перепишем уравнение в виде $\frac{1}{\pi E} \int_{-a}^a \frac{p(\xi) d\xi}{((x-\xi)^2 + (y-\eta)^2)^{1/2}} = \delta - \frac{x^2}{2R} - \frac{y^2}{2R}$.

Неизвестным в этом уравнении является распределение контактного давления $p(x, y)$, найдем этот параметр: $p(x, y) = p_{\max}(1 - x^2/a^2 - y^2/a^2)^{1/2}$.

Эта теория успешно описывает сжатие двух тел, но неявно предполагает, что при разделении сформированный контакт не может противостоять растягивающим нормальным усилиям, то есть отсутствует сопротивление отрыву. Однако с физической точки зрения это не совсем так. Между атомами и молекулами двух сближающихся поверхностей действуют силы притяжения и отталкивания, которые уравнивают друг друга на некотором равновесном расстоянии z_0 . Пусть силы притяжения описываются соотношением Леннарда-Джонса: $P(z) = \frac{\delta}{3z_0} [(\frac{z_0}{z})^{12} - (\frac{z_0}{z})^6]$.

Опишем профиль деформированной сферы за пределами контактного круга уравнением $z(r, a) = \frac{1}{\pi R} [a(r^2 - a^2)^{1/2} - (2a^2 - r^2) \arctg(r^2/a^2 - 1)^{1/2}]$,

к которому следует добавить равновесное расстояние z_0 . Тогда сила молекулярного притяжения равна: $F = 2\pi \int_0^\infty p(z + z_0) r dr$,

где функция p и ее аргумент z задаются соотношением Леннарда-Джонса и уравнением профиля деформированной сферы.

Использование предложенных здесь моделей трения с упругим контактом и упругим контактом с адгезией позволяет облегчить проектирование оснастки к деталям, изготавливаемым при помощи порошковых технологий

Список использованных источников

1. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 368 с.
2. Балабанов, В. И. Трибология для всех / В. И. Балабанов, В. И. Беклемишев, Н. И. Махонин. — Москва : 2002. — 208 с.

УДК 677.024

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ЧАСТИЦЫ ПРИ УСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ

Асп. Парманчук В.В., к.т.н., проф. Ольшанский В.И.

Витебский государственный технологический университет

Для анализа течения вязкой жидкости и газов в гидродинамике используется уравнение Навье-Стокса, однако стоит ограничиться исследованием движения только при условии неразрывности. В данной работе ограничение состоит в том, что рассматривается процесс с условием неразрывности. Таким условием является:

$$\frac{d}{dt}(\rho \tau) = 0 \quad (1)$$

где ρ — плотность газа, τ — объем газа внутри поверхности.

При движении мелкодисперсных волокнистых частиц в камере транспортирования аэродинамического устройства возникает сопротивление из-за силы трения между движущимся потоком и ограничивающими стенками бункера. При преодолении сопротивления теряется часть энергии частиц, и скорость их по сечениям отличается.

Потери скорости приграничных частиц приводят к образованию вторичных вихревых течений, которые, накладываясь на продольное движение сжатого потока, непрерывно