

6.7. Трение

В самом общем смысле трение представляет собой механическое: сопротивление, возникающее при относительном перемещении двух соприкасающихся тел в плоскости их касания. Законченной теории трения в настоящее время не существует. Ввиду зависимости сил трения от многих, порой очень трудно учитываемых факторов, предпочитают пользоваться феноменологической теорией трения, описывающей в основном факты, а не их объяснения.

Различают трения качения и трение скольжения. Количественные характеристики трения устанавливаются экспериментально для каждой пары трущихся поверхностей; сила трения скольжения зависит от скорости перемещения (трение покоя и трения движения), нагрузки, шероховатости поверхности, температуры, наличия смазки и т.д. Феноменологическая теория трения базируется, в основном, на представлении о том, что касание двух твердых тел имеет место лишь в отдельных пятнах, на которых действуют силы диффузии, химической связи, адгезии и проч. При скольжении каждое пятно касания (так называемая фрикционная связь) существует ограниченное время. Сумма всех сил, действующих на пятнах касания, усредненная по времени и по поверхности, носит название силы трения. Продолжительность существования фрикционной связи определяет фактически такие важные величины, как износостойкость, температуру пограничного слоя, работу по преодолению сил трения. Характерно, что при трении наблюдаются значительные деформации поверхностного слоя, сопровождающиеся структурными превращениями, избирательной диффузией; учет всех этих процессов затруднен из-за их сильной зависимости от температуры. Температура на пятнах прилипания возрастает очень быстро и может достигать несколько сот градусов. Внедрение высокотемпературных и высокоскоростных режимов потребовало разработки качественно новых жидких и твердых смазок, создания самосмазывающихся материалов.

Обычно трение качения, при котором основная работа затрачивается на передеформирование материала при формировании валика перед катящимся телом, много меньше трения скольжения. Но как только скорость качения достигает скорости распространения деформаций, трение качения резко возрастает. Нечто аналогичное имеет место при образовании скачка уплотнения в газах, если скорость движения тела в газе превосходит скорость звука. Фактически скорость звука это скорость распространения деформации в воздухе. При больших скоростях потока (сверхзвуковые режимы) приходится изменять геометрию тел, чтобы отодвинуть образование скачка уплотнения; при больших скоростях качения проще перейти к трению скольжения. Различные аспекты теории и практики трения изложены в книгах: Дерябин Б.В. Что такое трение? –М., 1952г., Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения, 1963г., Крагельский И.В. Трение и износ. -М., 1962 г.

История техники во многом является историей борьбы с трением или же историей борьбы за большое трение. Совершенствовались смазки, совершенствовались методы трибологии (науки об измерении сил внешнего трения, см. у Крагельского), развивались теории трения и смазок – но по-прежнему самыми надежными считаются результаты, полученные на стендах при испытании реальных трущихся пар.

Несколько примеров:

Трение покоя больше трения движения, и этот факт снижает чувствительность точных приборов. Заменить трение покоя трением движения – это значит уменьшить силу трения и как-то стабилизировать ее. Задачу можно решить, заставив трущиеся элементы

совершать колебания. В патенте США 3239283 задача решается выполнением втулки подшипника из пьезоэлектрического материала и покрытием их электропроводящей фольгой. Пропуская переменный ток, под действием которого пьезоэлектрик вибрирует, ликвидируют трение покоя (сравните прием 28 – переход от механической схемы к электрической).

Работа по уменьшению трения ведется в самых различных направлениях. Группой ученых в СССР установлено, что при облучении потоком ускоренных атомов гелия поверхности полимерного тела, например, полиэтилена, трущегося в вакууме вместе с металлом, наблюдается переход от обычного трения к сверхнизкому (коэффициент трения порядка одной тысячной). Этот эффект сохраняется в широком диапазоне скоростей и удельных нагрузок. Значение этого открытия (зарегистрированного 24 октября 1972г.) трудно переоценить, особенно для космической техники, где вакуум - абсолютно бесплатная вещь. Необычайно низкое трение обусловлено тем, что под совместным действием облучения и трения в тех материалах, на которых наблюдается эффект, происходит «залечивание» микродефектов, и поверхность полимера становится почти идеально гладкой, что подтверждается измерениями по отражению света. Одним из реальных выигрышей является существенное уменьшение износа материалов при сухом трении.

А если совместить это открытие с открытием И. Крагельского и Д. Гаркунова?

Всегда и везде ранее принималось, что трение и износ - два неразрывно связанных явления. Однако в результате открытия И. Крагельского и Д. Гаркунова удалось разъединить это, хотя и традиционное, но невыгодное содружество. В их подшипнике трение осталось, износ исчез (ТМ, 1968, № 5); за это исчезновение ответственен процесс атомарного переноса. Самый опасный вид износа – схватывание. В соответствии с принципом «обратить вред в пользу» схватывание входит как составная часть в атомарный перенос; далее оно компенсируется противоположным процессом. Рассмотрим пару сталь – бронза с глицериновой смазкой. Глицерин, протравливая поверхность бронзы, способствует покрытию ее рыхлым слоем чистой меди, атомы которой легко переносятся на стальную поверхность. Далее устанавливается динамическое равновесие – атомы меди летают туда и обратно, и износа практически нет, ибо медный порошок прочно удерживает глицерин, который, в свою очередь, защищает медь от кислорода. В авиации уже испытаны бронзовые амортизационные буксы в стальной стойке шасси самолета.

В заключение - несколько авторских свидетельств на полезные применения трения:

А.с. 350577:

Способ получения отливок, заключающийся в пропускании металла через каналы, выполненные в теле оправки, отличающийся тем, что, с целью совмещения процессов плавки и заливки металла, оправку поджимают к металлической заготовке и вращают, расплавля заготовку теплом, выделяющимся в процессе трения.

Патент США 3444611:

Способ сварки трением. Способ соединения элемента из мягкой стали и чугунного элемента путем сварки трением предусматривает запекание металла стального элемента в поднутрение, выполненное в чугунном элементе.

Патент № 33436355:

Предлагается тормоз, принцип действия которого основан на физическом эффекте изменения силы трения между соприкасающимися полупроводниковым и металлическим материалом при их нагреве (эффект Джонсона – Рабека). Тормоз представляет со-

@Горин Ю.В. Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач. <http://www.jlproj.org>

бой вал, покрытый полупроводниковым материалом и охваченный металлической лентой. Тормозной момент зависит от температуры полупроводникового слоя и регулируется путем пропускания электрического тока через вал и охватывающую его ленту.

Патент Англии 1118627:

Предлагается устройство для передачи вращения между двумя валами (муфта крутящего момента), работающее на основе применения эффекта Джонсона – Рабека. Муфта состоит из двух соприкасающихся дисков, один из которых выполнен из полупроводникового материала, а второй – металлический. Регулирование передаваемого момента происходит при нагреве соприкасающихся упомянутых материалов путем пропускания электрического тока между ними.