

Продолжение таблицы 2.1

Вход X	Выход Y	Основная техническая функция системы TF	Примеры систем или процессов
Движение + работа	Работа (мощность)	Передача силового потока	Разные виды механических передач (зубчатые, фрикционные, ременные, кулачковые, винтовые)
	Информация	Генерирование	Часы, кулачковые механизмы
		Репродуцирование	Считывающие и печатающие устройства
Движение + материалы	Материалы	Транспортировка	Трубопроводы, пневмо- и гидросистемы
		Формирование, переработка (измельчение)	Обработка резанием и пластическим деформированием, переработка сырья различного вида

2.2. Виды трения и изнашивания

Между двумя соприкасающимися поверхностями возникает сила трения покоя, которая имеет молекулярно-механическую природу.

Если перемещать два соприкасающихся тела, то будет возникать сопротивление этому перемещению, называемое силой трения движения (кинетическое трение). Оно обусловлено взаимным притягиванием молекул поверхностных слоев тел и механическим зацеплением микронеровностей на их поверхностях. Известно также, что в зоне касания неподвижных тел возникает сила трения покоя (статического трения).

Трение классифицируется по следующим признакам [7, 43, 74, 137, 150]:

1) по виду взаимного движения тел: трение скольжения, качения, верчения;

2) по наличию (отсутствию) разнообразных смазочных веществ в зоне касания поверхностей: сухое трение (смазочные материалы отсутствуют), полусухое (незначительное количество смазки),

граничное (слой смазки имеет толщину нескольких молекул), полужидкостное или смешанное (сухое + граничное), жидкостное (поверхности не соприкасаются и трение происходит между слоями масла);

3) при наличии посторонних частиц (песок, пыль, упрочненные продукты износа) в зоне касания возникает сухое абразивное трение, масляно-абразивное, гидроабразивное, газоабразивное;

4) по месту локализации процесса трения: внешнее трение, которое возникает в зоне касания внешних поверхностей; внутреннее трение, которое возникает между слоями масла, жидкости, жидкого металла или в металле при его деформировании.

Под влиянием сил трения поверхностный слой материалов соприкасаемых тел постепенно разрушается. Процесс этот называется изнашиванием и приводит к изменениям начальных размеров деталей, подвергающихся изнашиванию. В зависимости от внешних условий (нагрузки и ее вида, скорости, температуры, окружающей среды) могут реализоваться разные виды изнашивания. Основными из них считаются:

а) адгезионное, при котором разрушаются адгезионные связи;

б) окислительное, при котором возникают и разрушаются окислительные пленки;

в) усталостное, при котором поверхностные слои материалов пары трения разрушаются вследствие изменяющихся поверхностных нагрузок;

г) абразивное, при котором разрушение поверхностного слоя происходит путем микрорезания твердыми частицами разного происхождения, попадающими в зону трения;

д) гидро- и газоабразивное, обусловленное наличием абразива в потоке жидкости или газа;

е) коррозионно-механическое, которое возникает в случае влияния агрессивных сред на узел трения;

ж) эрозионное и кавитационное, возникающее в специфических условиях вытекания струи жидкости или твердых частиц со значительной кинетической энергией или вследствие кавитации.

Следует отметить, что, согласно современным представлениям о процессах указанных видов изнашивания, всех их, в общем, можно считать процессами фрикционной (вызванной трением) усталости с различным количеством разрушающих циклов напряжений. В частности адгезионное, окислительное, масляно-, гидро- и газоабразивное изнашивание следует считать процессами многоциклового фрикционного усталостного разрушения материалов, а сухое, сухое абразивное, разные виды коррозионно-механического

изнашивания являются процессами малоциклового фрикционного усталостного разрушения.

2.3. Характеристики трения и изнашивания

Количественно процесс трения скольжения характеризуется силой трения F и коэффициентом трения скольжения f . Они взаимосвязаны законом Амонтона-Кулона

$$F = fN, \quad (2.1)$$

где N – нормальная реакция (нагрузка).

В процессе лабораторных исследований величину f устанавливают для разных материалов пар трения и внешних условий.

В случае трения качения характеристикой процесса является коэффициент трения качения k . Также здесь используется еще коэффициент сопротивления качению

$$f_k = k / R, \quad (2.2)$$

где R – радиус тела качения.

Величина износа материала устанавливается в результате трибологических экспериментальных исследований. При этом определяют абсолютные или относительные характеристики. К абсолютным относятся: линейный износ h (мм, мкм), массовый износ M (г, мг), объемный износ V (мм³, мкм³). Приведенные характеристики износа материала можно применять лишь в случае одинакового времени изнашивания или пути трения. Если они будут разными, то следует вычислять относительные характеристики износостойкости, которыми являются скорость γ и интенсивность изнашивания I . Соответственно

$$\gamma_h = h / t, I_h = h / L, \quad (2.3)$$

где t – время изнашивания; L – путь трения.

Параметры γ и I могут быть вычислены также по M и V .

В случае равномерного износа поверхностей опытных образцов или реальных деталей абсолютные характеристики износа связаны между собой такими соотношениями:

$$\begin{aligned} h &= M / A_T \rho, h = V / A_T, M = h A_T \rho, \\ M &= \rho V, V = h A_T, V = M / \rho, \end{aligned} \quad (2.4)$$

где ρ – плотность изнашиваемого материала; A_T – поле изнашивания.

Между характеристиками γ_h и I_h существует простая зависимость