

Союз Советских
Социалистических
Республик



Комитет по делам
изобретений и открытий
при Совете Министров
СССР

О П И С А Н И Е
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

354211

Зависимое от авт. свидетельства № —

Заявлено 13.IX.1968 (№ 1270618/25-8)

с присоединением заявки № —

Приоритет —

Опубликовано 09.X.1972. Бюллетень № 30

Дата опубликования описания 26.I.1973

М. Кл. F 16п 15/02
B 23p 1/00

УДК 621.9.048.6(088.8)

Авторы
изобретения

Е. Г. Коновалов и М. Д. Тявловский

Заявитель

Минский радиотехнический институт

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ

1

Изобретение относится к технике смазки трущейся пары и предназначено для использования в машинах и механизмах, а также для обработки металлов и других материалов.

Известны способы снижения сил сопротивления движению, по которым широко применяются жидкие, консистентные и твердые смазки, объединяемые общим понятием «вещественные».

При применении вещественных смазок в зависимости от режима работы машины наблюдаются три вида трения. Граничное, которое всегда имеет место при пуске, реверсе или остановке машины и при работе машины с большой нагрузкой при малых числах оборотов. В таких случаях масляная адсорбционная пленка чрезвычайно тонка и прерывиста, и поэтому смазка не протекает между трущимися поверхностями, что приводит к сильному разогреву и износу контактирующих поверхностей.

Полужидкостное трение устанавливается в местах непосредственного соприкосновения трущихся поверхностей. Слои смазки образуют непрерывной масляной пленки и поэтому износ и нагрев, хотя и несколько меньше, чем при граничном трении, однако остаются все еще большими.

2

Жидкостное трение появляется с того момента, когда смазочный слой полностью разделяет трущиеся поверхности. В этом случае сухое трение двух контактирующих твердых пар заменяется внутренним трением в смазочном слое. Это самый выгодный режим трения как по расходам энергии на трение, так и по отсутствию износа. Однако он является крайне неустойчивым и при изменении условий работы (реверс, резкое изменение нагрузки, колебание температуры, вакуум, радиационное облучение и т. д.) быстро может смениться полужидкостным или граничным трением. А при работе без смазки (граничное и частично полужидкостное трение) любые сочетания металлов дают большой износ.

К основным факторам, отделяющим износ, принято относить механическое зацепление неровностей поверхностей и их истирание, местное сваривание, коррозионное и эрозийное воздействие смазки и абразивный износ.

Поэтому лучшими с физико-механической стороны являются такие вещественные смазки, которые обладают наибольшей капиллярной способностью (т. е. способностью проникать в узкий зазор между трущимися поверхностями), наибольшим сопротивлением выдавливанию из зазоров, высокими адгезией, расклинивающим действием и химической стойкостью и которые при достаточной вязкости

обеспечивают наименьший коэффициент трения.

Однако несмотря на большое количество вещественных смазок, на сегодняшний день не имеется не только одной, но даже набора смазок, обеспечивающих вышеперечисленные требования для всех режимов (пуск, рабочий режим, реверс, остановка) и всех условий работы машин. Такими условиями являются весь возможный температурный диапазон работы (от криогенных температур до температур белого свечения), искусственный в естественный вакуум, радиационное и космическое облучение, химически агрессивные среды, высокие скорости движения и т. д.

Предлагаемый способ снижения сил сопротивления движению заменяет непосредственное контактное трение акустическим трением. Свойство невещественности акустической смазки придает ей исключительно ценные качества абсолютных термической, химической, вакуумной и радиальной стойкостей и делает ее неподверженной влиянию кинематического и динамического факторов. Кроме того, при акустической смазке отсутствуют режимы, характерные для граничного и полужидкостного трения, и трущаяся пара работает в самых выгодных условиях, соответствующих жидкостному трению.

Эффект снижения сил сопротивления движению возникает при контакте двух движущихся элементов, один из которых подвержен возмущающему воздействию ультразвукового, электромагнитного и т. п. силового поля, т. е. находится в динамическом состоянии. Этот элемент — активный трущейся пары, а другой, не подверженный действию пульсирующего поля, т. е. находящийся в статическом состоянии, — пассивный элемент трущейся пары.

При контакте активного и пассивного элементов даже при значительном давлении не происходит их свариваемости или схватывания. В этом случае сухие контактирующие активный и пассивный элементы оказываются как бы обильно смазанными и коэффициент трения скольжения между ними резко снижается. При этом не имеет совершенно никакого значения, какой тип колебаний (продольные, поперечные или крутильные), какой тип волны (бегущая или стоячая) существуют в активном элементе трущейся пары и какая геометрическая форма придана этому элементу. Так например, если взять образец круглого или прямоугольного сечения и наложить на него продольные, поперечные или крутильные колебания, то поверхность образца как бы приобретает свойство «маслянистости» и другое контактирующее с этой поверхностью тело легко по ней скользит.

Фиг. 1—4 иллюстрируют предлагаемый способ.

Сущность предлагаемого способа рассматривается на примере использования в каче-

стве пульсирующей энергии, налагаемой на активный элемент, ультразвуковой.

Известно, что изменение амплитуды объемного смещения по длине акустической волны происходит по закону косинусоиды. Тогда в любой точке по длине волны (см. фиг. 1) амплитуда объемного смещения, включая свое нулевое значение, может быть разложена на три составляющие A_x , A_y и A_z , которые имеют максимум в начале волны, а затем синхронно убывают и приходят к нулевому значению на расстоянии, равном $\lambda/4$. Указанные составляющие могут быть заменены соответствующими усилиями P_x , P_y и P_z . Рассмотрим действие каждого из этих усилий на некоторую материальную точку M , имеющую массу dG . Усилие P_z стремится поднять точку. Однако в связи с наличием силы P_x материальная точка M , поднятая силой P_x , будет перемещаться вдоль акустической волны в направлении к точке B , где амплитуда смещения, а следовательно, и все ее составляющие равны нулю. Описанное перемещение точки M было бы прямолинейным, если бы отсутствовала составляющая P_y , действие которой на материальную точку M сводится к вращению последней вокруг направления акустической волны.

Если векторную диаграмму представить в координатах $y:z$ (см. фиг. 2), то нетрудно убедиться в том, что как составляющая P_z , так и составляющая P_y независимо от мгновенного положения точки M относительно начала координат (оси акустической волны) всегда будут стремиться удалить от этого начала точку M . При этом равнодействующая этих сил всегда будет радиально направленной и поэтому будет стремиться эксцентричную пару «вал—цапфа» привести к концентриситету (см. фиг. 3), создавая при этом равный зазор во всех направлениях. При использовании крутильных или поперечных ультразвуковых колебаний происходит усиление эффекта акустической смазки, так как при этих колебаниях составляющая P_x отсутствует, а следовательно больше акустической энергии используется на создание эффекта смазки (составляющие P_y и P_z).

С применением вещественной смазки описанное состояние концентриситета наступает при бесконечно большом числе оборотов, что практически никогда не может быть достигнуто.

Так как при акустической смазке состояние концентриситета цапфы и подшипника наступает сразу же после подачи ультразвука, то это позволяет исключить неизбежные для вещественной смазки граничное и полужидкостное трение и сразу создать режим, свойственный для жидкостного трения. При этом режим работы (реверс и изменение числа оборотов, удельного давления и других физических факторов) не будет влиять на характер и условия акустической смазки.

Способ осуществляется следующим образом.

К валу или цапфе, к обрабатываемому изделию или инструменту, т. е. к одному из элементов трущейся пары присоединяется источник ультразвуковых колебаний, например магнестрикционный преобразователь (магнестриктор). Активный элемент трущейся пары должен иметь длину, кратную половине длины волны звука в материале, из которого выполнен этот элемент.

В каждом конкретном случае решают, какой из элементов трущейся пары по условиям конструкции может быть активным. Амплитуда колебаний должна быть выбрана такой, чтобы она была несколько больше суммы высот микронеровностей поверхностей цапфы и вкладыша, период — в отношении простых чисел к частоте собственных колебаний системы, а мощность — из условия поддержания этих масс во взвешенном одна относительно другой состоянии.

Для проверки предлагаемого способа смазки ультразвуком были проведены эксперименты, в которых использовалась трущаяся пара, моделирующая цапфу и подшипник. С целью создания максимально неблагоприятных условий для трения скольжения и максимально благоприятных для схватывания оба элемента трущейся пары были выполнены из титанового сплава ВТ-3.

Принципиальная схема этой простой установки изображена на фиг. 4, на которой также воспроизведена эпюра амплитуды смещения на длине резонансного образца, равного $\lambda/2$, где λ — длина акустической волны в данном материале. В изображенной акустической системе создается стоячая ультразвуковая волна. Так как в этом случае посредине образца амплитуда смещения равняется нулю, то кольцо располагается ближе к узлу амплитуды смещения. При бегущей акустической волне место расположения кольца не имеет значения.

Посредством рычага 1, соотношение плеч которого $AO:OB = 2:1$, втулка 8 усилием P прижимается к образцу 3, который своим резьбовым хвостовиком ввинчивается в концентратор 4, жестко соединенный магнитостриктором 5. За счет жесткой резьбовой связи создается единая акустическая система «образец-концентратор-преобразователь», которая в горизонтальном положении намертво крепится к основанию 6. Силопередающий рычаг AB шарнирно соединяется с опорой O . Это позволяет осуществлять его некоторое угловое перемещение. Поскольку последний шарнирно (посредством штифта и глаза) связан со втулкой 2, то она при угловом перемещении рычага получает осевое смещение в ту или иную сторону (см. фиг. 1 вид A).

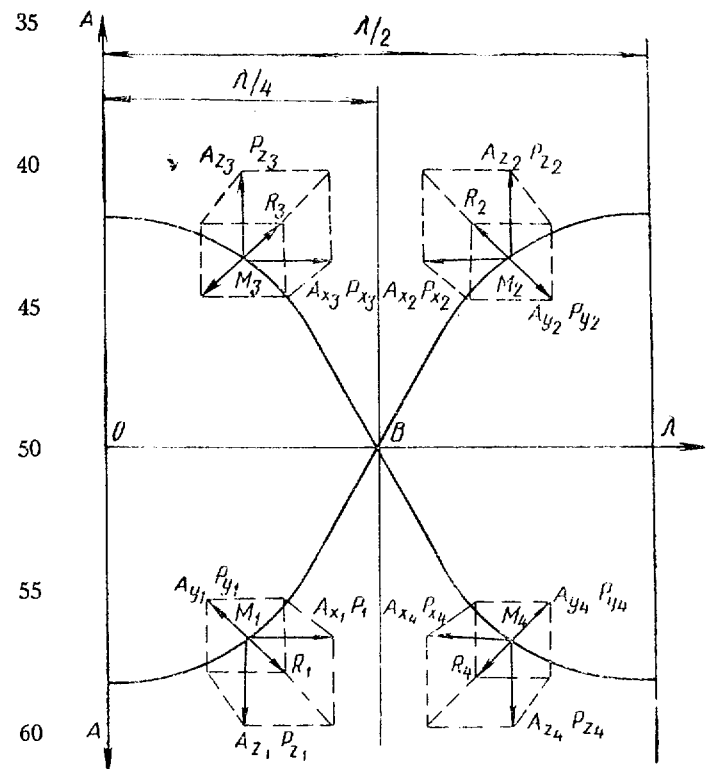
Если без действия ультразвука на образец перемещение втулки затруднено, то при его

воздействии это перемещение осуществляется легко или даже происходит самопроизвольно в сторону узла амплитуды. Значительное облегчение осевого перемещения пассивного кольца, прижатого усилием P к активному образцу, можно объяснить только эффектом уменьшения коэффициента трения под действием пульсирующего потока энергии, например, ультразвукового.

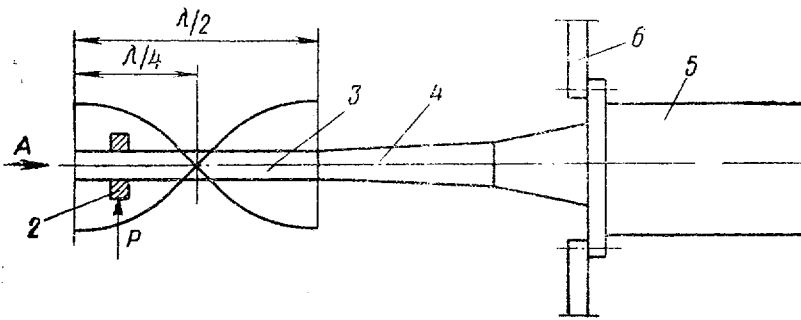
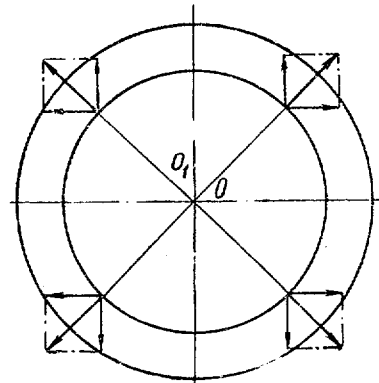
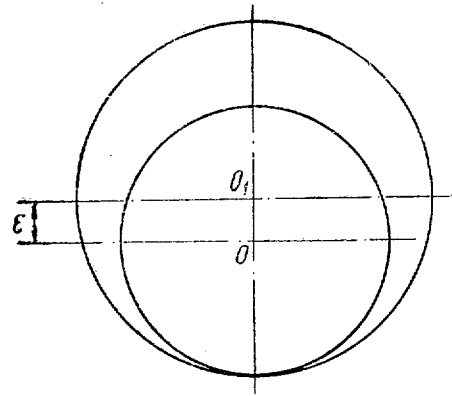
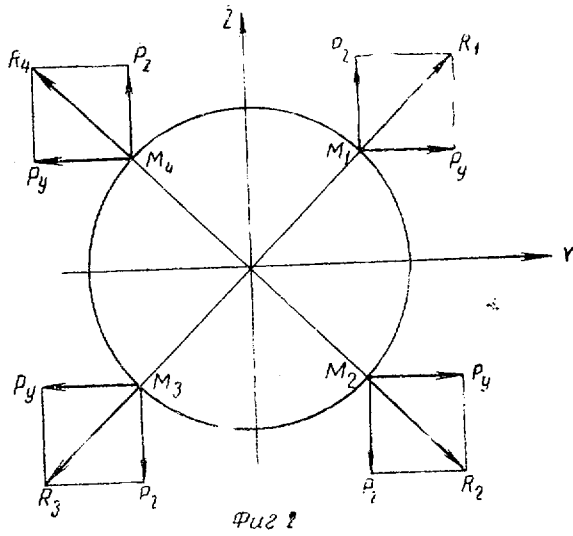
Предмет изобретения

1. Способ снижения сил сопротивления движению в условиях сухого трения, отличающийся тем, что в пространство между трущимися поверхностями вводят пульсирующий поток энергии, амплитуду колебаний которого выбирают из условий образования между трущимися поверхностями зазора, несколько превышающего их микронеровности, период — в отношении простых чисел к частоте собственных колебаний системы из взаимодействующих масс, а мощность — из условия поддержания этих масс во взвешенном одна относительно другой состоянии, для чего на одну или обе взаимодействующие массы налагают возмущающее воздействие ультразвукового, электромагнитного и т.п. силового поля.

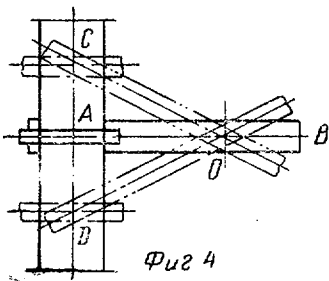
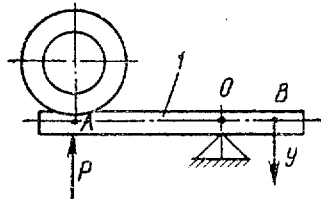
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при воздействии пульсирующим потоком энергии на обе взаимодействующие массы колебания сдвигают по фазе на 180° .



Фиг 1



Вид А



Редактор Т. Баранова

Составитель Т. Казимова
Техред З. Тараненко

Корректоры: М. Коробова
и Е. Давыдкина

Заказ 4247/10 Изд. № 1793 Тираж 406 Подписное
ЦНИИПИ Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР
Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Типография, пр. Сапунова, 2