

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И ТРИБОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

ПОДГОРКОВ В.В., доктор техн. наук

Уникальные свойства магнитных жидкостей открывают новые возможности техники и разработки новых оригинальных устройств с неожиданными конструктивными решениями, обеспечивающими высокую надежность и долговечность в технике. В статье приведены примеры разработки новой техники с использованием магнитных жидкостей.

Постоянно возрастающие требования увеличения срока службы, надежности и трибологической безопасности аппаратов, машин и устройств вызывают необходимость поиска новых путей решения этой задачи.

Одним из них является применение магнитных жидкостей и разработка на этой основе новых композиций смазочных материалов, технологических сред [2] и технических устройств самого различного назначения [1].

Удачной, например, является разработка конструкции опорно-уплотнительного узла для текстильных отделочных машин [3]. Такие узлы установлены на шлихтовальных и отделочных машинах на Яковлевском льняном комбинате (г. Приволжск Ивановской обл.) в количестве 196 экземпляров. Конструкция узла представлена на рис. 1.

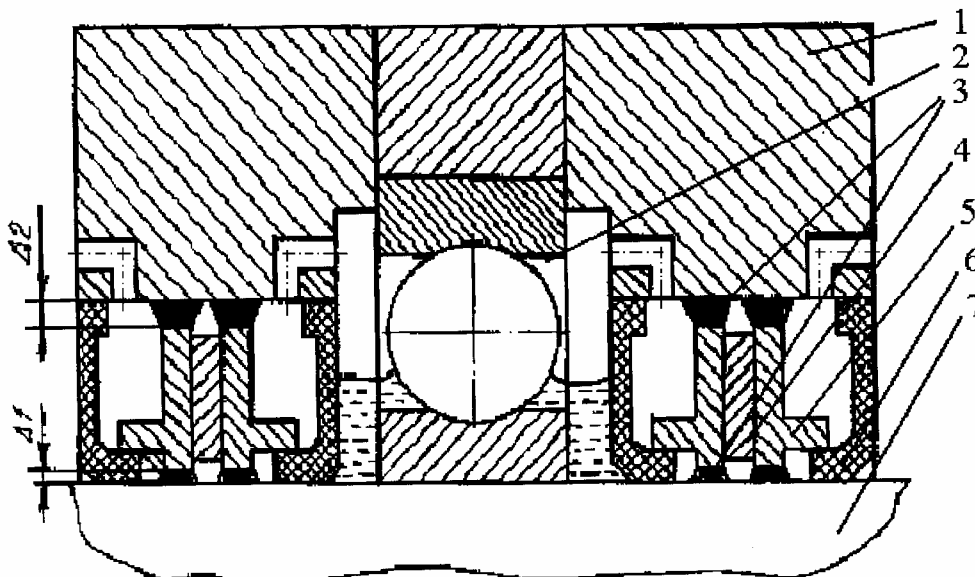


Рис. 1. Опорно-уплотнительный узел.

1- корпус; 2 – подшипник; 3 – магнитная жидкость; 4 – постоянный магнит; 5 – полюсная приставка; 6 – резиноармированная манжета; 7 – уплотняемый вал.

Необходимость модернизации подшипниковых узлов указанных машин вызвана условиями их работы. Эти узлы работают при температуре 160–180° С. При такой температуре заправленная в подшипники качения пластичная смазка типа ЦИАТИМ-201 разжижается и вытекает из подшипников под действием не только собственного веса, но и под давлением разогретого и расширившегося воздуха, находящегося в подшипниковом пространстве. В результате через некоторое время подшипник начинает работать без смазочного материала, быстро изнашивается и выходит из строя или «заклинивается» (что еще хуже), что приводит к аварийной остановке машины и всей отделочной линии.

В результате установки узлов указанной новой конструкции прекратилось вытекание смазочного материала из подшипников, ресурс заправки их смазочным материалом увеличился в 5–6 раз, увеличился срок службы дорогостоящих двухрядных роликовых подшипников (№ 3516), уменьшилось время простоев отделочных линий. Экономический эффект применения опорно-уплотнительных узлов на комбинате составил около 100 тыс. руб. в год.

На основе применения магнитной жидкости разработано комбинированное манжетное магнитожидкостное уплотнение для установки его в элементах трансмиссии автомобилей [4]. Уплотнение испытывалось в узле ввода карданного вала в картер дифференциала заднего моста автомобиля ЗИЛ-130. Испытание

проводилось в зимний период (с января по март) в автоколлонне ремонтно-строительной организации.

При работе автомобиля в зимний период манжетные уплотнения теряют свою эластичность, из-за чего в момент начала движения и смещения вала в радиальном направлении образуется зазор между манжетой и валом. Этот зазор остается открытым до разогревания передачи и восстановления эластичности материала манжеты. В течение этого периода происходит вытекание дорогостоящего смазочного материала, загрязняющего территорию стоянки автомобиля.

После установки указанного уплотнения подтекания масла не наблюдалось в течение всего периода испытаний. Конструкция уплотнения показана на рис. 2.

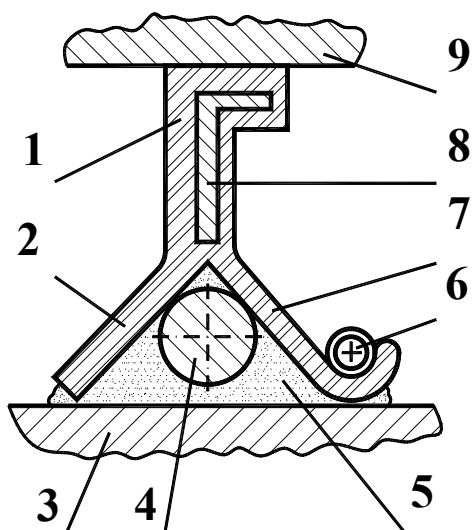


Рис. 2. Комбинированное манжетное магнитожидкостное уплотнение.

Магнитожидкостное уплотнение содержит резиноармированную манжету 1 с защитной кромкой 2 и прижатой к валу 3 браслетной пружиной 6 рабочей кромкой 7. Манжета имеет армирующий ее каркас 8. Магнитная жидкость 5 располагается в пространстве между защитной и рабочей кромками, удерживается в нем магнитным полем магнита 4 и герметично закрывает зазор между кромками манжеты и уплотняемым валом 3. Магнитная жидкость и при низкой температуре, ниже 0°C , сохраняет свои свойства и обеспечивает герметичность даже при радиальном смещении вала и образовании зазора между валом и кромкой манжеты. Кольцевой магнит 4, выполненный из пружинной стали 65 Г и намагниченный в осевом направлении, имеет поперечный щелевидный разрез. Манжета 1 устанавливается в корпусе 9. Замыкание магнитного потока от магнита 4 происходит через уплотняемый вал 3 и слой магнитной жидкости 5 в зазоре между магнитом и валом. Магнит 4 может иметь форму поперечного сечения, соответствующую форме междукрюмочного пространства, или иную простую технологически наиболее удобную форму: трехгранную, круглую, квадратную, прямоугольную и др. Щелевидный разрез на магните позволяет сжимать его до

размера, необходимого для свободной установки его в манжету.

Перед установкой уплотнения на уплотняемый вал магнит 4 в виде разрезанного кольца благодаря щелевидному разрезу упруго сжимается до диаметра, при котором он свободно проходит через отверстие защитной кромки 2 манжеты 1 и вводится в пространство между кромками 2 и 7, где в результате восстановления упругих деформаций он увеличивается в размере и встает «враспор» между защитной и рабочей кромками. Для перекрытия зазора в магните разрез его можно делать косым, под непрямым углом к его поверхности, но и при прямом поперечном разрезе под прямым углом к поверхности тела магнита образующийся зазор не ухудшает работоспособности уплотнения, поскольку перекрывается слоем магнитной жидкости. После установки магнита манжета 1 устанавливается в корпусе 9 на уплотняемый вал 3 и заправляется магнитной жидкостью.

Уплотнение может быть широко использовано в практике эксплуатации автомобилей, тем более, что это мероприятие не требует переделки конструкции ни корпуса картера дифференциала, ни конструкции самой манжеты, требуется лишь вставить в манжету миниатюрный стальной кольцевой магнит и заполнить межлепестковое (междукромочное) пространство магнитной жидкостью.

Под впечатлением статей академика Космонавтики Ю.Н. Дроздова [5, 6] сконструировано трибологически безопасное резьбовое соединение [7]. По мнению академика Ю.Н. Дроздова, «... проблема безотказной работы пар трения винт-гайка при длительной работе в Космосе является весьма актуальной...». Предлагаемое резьбовое соединение, по нашему мнению, в какой-то мере поможет решить эту задачу. Сконструированы также резьбовые соединения для работы в условиях сильного грунтового загрязнения на землеройной и крановой технике. Сконструированные резьбовые соединения остаются постоянно смазанными магнитной жидкостью и сохраняют свою подвижность и работоспособность в течение длительного времени пребывания в состоянии покоя и в неблагоприятных условиях работы, например, в агрессивной среде горячего пара, в вакууме и в других тяжелых условиях. Конструкция соединения показана на рис. 3. Соединение содержит винт 1 и гайку 2 с внутренней резьбой. Винт имеет осевое отверстие, в котором помещаются магниты 3 для возбуждения магнитного поля. Для лучшего использования магнитной энергии магниты установлены одноименными полюсами друг к другу через проставки 4 из диамагнитного материала, длина которых не менее диаметров магнита. Витки резьбы винта перерезаны проходящим вдоль его оси каналом-ресивером А, в котором размещается резервный запас магнитной жидкости 5. В процессе эксплуатации резьбового соединения под действием градиентного магнитного поля магнитная жидкость 5 из канала-ресивера втягивается в зону наибольшей напряженности магнитного поля, на вершины витков резьбы и располагается в зазорах между поверхностями витков резьбы винта и гайки и создает на этих

поверхностях пленки, экранирующие действие молекулярных сил и исключают адгезионное взаимодействие и образование мостиков холодного сваривания на поверхности витков резьбы и сваривание винта и гайки. Магнитное поле, удерживая магнитную жидкость, исключает ее испарение и высыхание. Резьбовое соединение

остается постоянно смазанным магнитной жидкостью и сохраняет свою подвижность и работоспособность в течение длительного времени пребывания в состоянии покоя и в условиях вакуума.

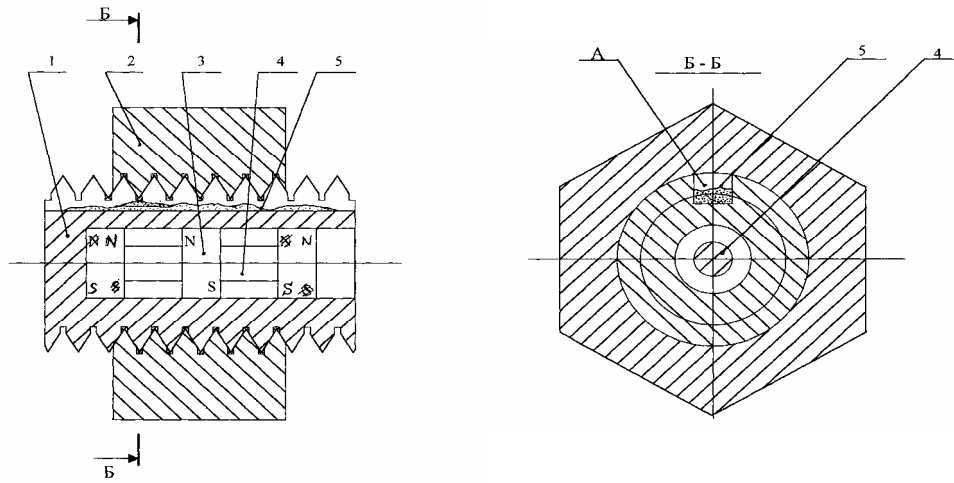


Рис. 3. Трибологически безопасное резьбовое соединение.

1 – винт; 2 – гайка; 3 – постоянный магнит; 4 – диамагнитные проставки; 5 – магнитная жидкость; А – канал-резервуар.

В связи с усилением внимания к экологии и чистоте воздуха в производственных помещениях можно рекомендовать разработанное устройство [8] для очистки воздуха и газов от дисперсных частиц и других примесей (рис. 4).

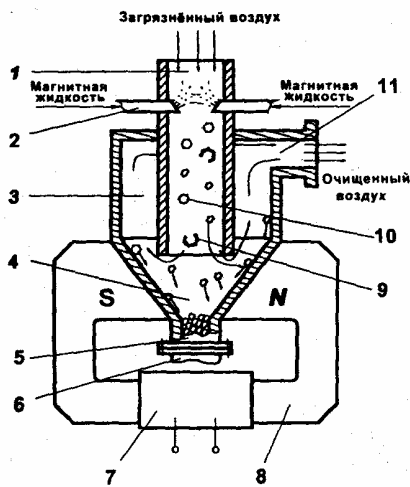


Рис. 4. Устройство с магнитной жидкостью для очистки воздуха и газов от дисперсных частиц и других примесей

Устройство имеет патрубок 1, подводящий запыленный воздух, с установленными в нем разбрызгивателями 2, с помощью которых магнитная жидкость разбрызгивается и орошает поток запыленного воздуха, бункер 3 с сепаратором-каплеуловителем 4 и шламоприемником 5. Магнитная система устройства состоит из возбуждателя магнитного потока в виде электромагнита 7, магнитопровода 8 и полюсных наконечников S и N.

В процессе работы устройства в подводящем патрубке 1 с помощью разбрызгивателей 2 разбрызгивается магнитная

жидкость, например, на кремнийорганической или водной основе, содержащая в качестве магнитного наполнителя ферромагнитные частицы дисперсностью 10–20 нм в количестве до 20% массы, имеющая намагниченность насыщения 50–100 кА/м. Магнитная жидкость смачивает находящиеся в потоке очищаемого газа дисперсные частицы и образует магниточувствительные шламовые капли 9 и 10, которые на выходе из патрубка 1 попадают в зону действия магнитного поля между полюсными наконечниками S и N и осаждаются на стенках сепаратора 4. Очищенный от шламовых капель чистый газ проходит в зазоре между подводящим патрубком 1 и стенками сепаратора 4 и бункера 3 к выпускному патрубку 11. Под действием градиентного магнитного поля шламовые капли собираются в нижней части 5 сепаратора 4 в виде слоя шлама. Собранный шлам периодически удаляют путем кратковременного отключения электропитания магнитного возбуждателя 7. Шлам, не удерживаемый магнитным полем, под действием собственного веса сбрасывается в контейнер 6. Отделение шламовых капель от чистого газа происходит у среза подводящего патрубка 1. Поток газа здесь меняет направление своего движения. Шламовые капли, обладающие большей кинетической энергией, отделяются от газа в результате совокупного действия сил инерции и магнитных сил наложенного градиентного магнитного поля.

Положительный результат применения магнитных жидкостей может быть получен при использовании их в качестве компонентов смазочных материалов и технологических сред для механической обработки металлов. Так, для обработки металлов резанием может использоваться композиция [9] на водной основе, в которую магнитная жидкость введена совместно с порошкообразным графитом. Графит

предварительно пропитывается магнитной жидкостью, после чего производится его домол до нужной дисперсности и смешивание со смазочно-охлаждающей жидкостью. Входящий в состав магнитной жидкости магнетит вместе с жидкой основой магнитной жидкости проникает в поры графита и делает его частицы магнитовосприимчивыми. Под влиянием естественного или наложенного магнитного поля частицы графита перемещаются в зону его наибольшей напряженности, в места чистометаллического контакта, и увлекают за собой жидкую фазу. В результате графит сам по себе выполняет роль твердого смазочного материала и совместно с жидкостью образует композиционный смазочный слой, разделяющий поверхности трения контактирующих деталей узла трения или инструмента и обрабатываемой заготовки. Повышенная эффективность этой композиции обеспечивается совместным действием графита и компонента жидкости, усиленным влиянием магнитного поля.

При финишной обработке поверхностей изделий сложной формы в среде свободного абразива магнитными жидкостями смазывают поверхность абразивных зерен, делают их магнитовосприимчивыми и обеспечивают возможность их оптимального расположения по отношению к обрабатываемой поверхности изделия по нормали. Это свойство эффективно используется при изготовлении абразивных инструментов [10] и прецизионном полировании деталей из стекла и стеклосодержащих материалов [11].

Приведенные в статье примеры использования магнитных жидкостей представляют собой лишь малую толику возможного эффективного их применения, границы которого к настоящему времени четко не определены и продолжают расширяться за счет изобретения новых устройств, новых композиций смазочных материалов и технологических сред и способов их применения.

Список литературы

- 1. Магнитные жидкости в машиностроении / Д.В. Орлов, Ю.О. Михалёв, Н.К. Мышкин и др. / Под. общ. ред. Орлова Д.В., Подгоркова В.В. – М.: Машиностроение, 1993. – 272 с.**
- 2. Подгорков В.В., Пучков П.В.** Использование магнитных жидкостей в качестве компонентов смазочных материалов и технологических сред: Сб. материалов международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии». – Иваново: ИГЭУ, 2005. – С. 154.
- 3. Пат. РФ №2047031**, М.Кл. F16J 15/40 Опорно-уплотнительный узел магнитного вала/ Сизов А.П., Подгорков В.В., Румянцев Н.Н., Смирнов Н.А., Петров А.В.; Заявл. 28.04.92; Опубл. 27.10.95, Бюл. №30.
- 4. А.с. №1786328** СССР, М.Кл. F16J 15/40 Магнитоожидкостное уплотнение / Подгорков В.В., Сизов А.П. №4843723 / 29. Заявл. 04.09.90; Опубл. 07.01.93, Бюл. №1.
- 5. Дроздов Ю.Н.** Трибологическая безопасность технических систем в космосе // Вестник машиностроения. – 1999. – №7. – С. 11–13.
- 6. Дроздов Ю.Н.** Процессы схватывания (заедания) в узлах трения аэрокосмических систем // Вестник машиностроения. – 2001. – № 9. – С. 3–6.
- 7. А.с.** на полезную модель №21079 М.Кл.7 F16H 25/20 Трибологически безопасное резьбовое соединение / Подгорков В.В. – №114040; Заявл. 23.05.2001; Опубл. 20.12.2001, Бюл. №35.
- 8. А.с.** на полезную модель №16261, М.Кл.7 B01D 47/00 Устройство для очистки воздуха и газов от дисперсных частиц и других примесей / Подгорков В.В., Сизов А.П., Щелькалов Ю.Я. – №2000109039 / 20; Заявл. 11.04.2000; Опубл. 20.12.2000, Бюл. №35
- 9. Пат. РФ №2215776**, МКИ 7 C10M169/04, 177/00. Магнитовосприимчивая смазочная композиция для приготовления смазок и смазочно-охлаждающих жидкостей и способ ее получения /Подгорков В.В., Марков В.В., Сизов А.П., Топорова Е.А., Лалочкин А.И. – №200130846/23; Заявл. 13.11.2001; Опубл. 2003, Бюл. №31.
- 10. Коротков А.Н.** Повышение эксплуатационных возможностей шлифовальных инструментов // Инструменты Сибири. – Новосибирск: Изд. Дом «Конверсия», 2001. – № 2. – С. 6–8.
- 11. Кордонский В.И. и др.** Магнитореологическое управление прецизионным полированием // Механизация и автоматизация производства. – 1990. – № 4. – С. 7–10.