

УДК 621.314

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ ДЛЯ ВАЛОВ ХИМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

© 2011 М.С. Сайкин

Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина

Поступила в редакцию 02.03.2011

Разработаны герметизаторы на основе магнитных наножидкостей, предназначенные для уплотнения вращающихся валов шаровых мельниц и химических реакторов. На основании проведенных исследований даны рекомендации по выбору магнитных наножидкостей, материалам герметизаторов и их конструктивным особенностям.

Ключевые слова: герметизатор, магнитная наножидкость, шаровая мельница, химический реактор

Применение магнитожи́дкостных герметизаторов (МЖГ) в химических производствах предъявляет к ним дополнительные требования. Если для вакуумных МЖГ вопросы взаимодействия магнитной наножидкости (МНЖ) с уплотняемой средой не рассматриваются, то при герметизации жидких и агрессивных сред это необходимо учитывать. Одной из задач в химической промышленности является герметизация подвода воды к барабану шаровых мельниц. Большие утечки воды при использовании традиционных типов уплотнений [1] приводят к её перерасходу на промышленном предприятии, что является недопустимым и с точки зрения экологии.

Для решения поставленной задачи использовалась конструкция МЖГ, состоящего из двух последовательно установленных ступеней (рис. 1). Каждая из ступеней включает в себя полюсные приставки 1, концентрически охватывающих полый вал 2, через который осуществляется подача и сброс воды из барабана шаровой мельницы. Рабочий зазор δ заполнен магнитной наножидкостью 3. Постоянные магниты 4 примыкают к внутренним торцевым поверхностям полюсных приставок 1, между которыми выполнен заправочный канал 5.

МЖГ имеет следующие эксплуатационные характеристики: наработка до отказа – не менее 10 тыс. час.; срок службы – 90 тыс. час.; рабочий перепад давлений – до 0,3 МПа; критический перепад давлений – 0,7 МПа. Общий вид МЖГ – 1, установленного на барабан шаровой мельницы 2, с трубкой для подачи воды 3 представлен на рис. 2.

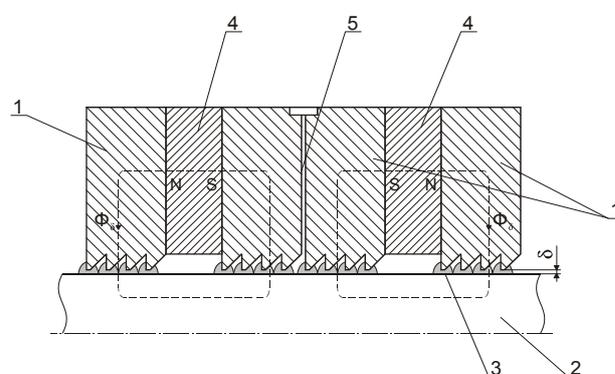


Рис. 1. Конструкция двухступенчатого МЖГ

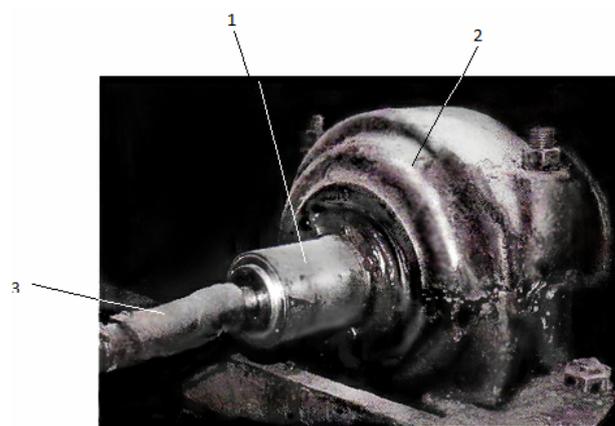


Рис. 2. Общий вид МЖГ шаровой мельницы

В МЖГ использовались постоянные магниты марки 16БА190 [2]. Полюсные приставки были выполнены из стали 20Х13 [3, 4], которая имеет первый балл по коррозионной стойкости. Изготовленные в количестве 5 штук МЖГ прошли испытания на критический перепад давлений, который составил 0,69-0,74 МПа и в течение многих лет успешно эксплуатируются на Ярославском ОАО «Лакокраска».

Сайкин Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретических основ электротехники и электротехнологий. E-mail: Sai-kin@eef.ispu.ru

Для герметизации валов химических реакторов применяют торцевые уплотнения, которые работают с утечкой герметизируемой среды. Это приводит к высокой загазованности и превышению ПДК вредных веществ в помещении цехов предприятий. Кроме того, попадание атмосферного воздуха в химический реактор может привести к браку продукции или взрыву. В отличие от МЖГ, предназначенных для герметизации вращающихся валов вакуумного оборудования, герметизаторы химических реакторов должны надёжно эксплуатироваться при воздействии агрессивных сред, повышенной температуре (120-200⁰С), осевых и радиальных биениях вала около 1 мм. Обязательным требованием, предъявляемым к МНЖ при герметизации агрессивных сред, является отсутствие процессов её смешения и химического взаимодействия с уплотняемой средой. Для выявления этих процессов и определения стойкости МНЖ к воздействию температур и агрессивных сред проводилось сравнение ее физических характеристик до и после термообработки и воздействия агрессивными средами.

В качестве физических характеристик использовались плотность, пластическая вязкость, намагничённость, кинетическая и агрегативная устойчивость. Измерение плотности МНЖ проводилось в соответствии с ГОСТ 18995.1-73. Пластическая вязкость определялась на ротационном вискозиметре согласно ГОСТ 26581-85. Намагничённость определялась дифференциально-баллистическим методом. В соответствии с методиками ТУ оценивались кинетическая и агрегативная устойчивость МНЖ в неоднородном магнитном поле.

Проведены термоиспытания МНЖ Ф1-20 и С1-20В [5, 6] в статике и в динамике при температуре 150⁰С. Для термоиспытаний в статике использовался сушильный шкаф, в котором температура поддерживалась с помощью электроконтактного термометра. Термоиспытания в динамике проводились в однозубцовом макете МЖГ. Контроль температуры осуществлялся с помощью термопары, установленной на полюсе герметизатора.

Термоиспытания в статике показали, что намагничённость МНЖ Ф1-20 при повышении температуры с течением времени падает. Это можно объяснить химическим взаимодействием адсорбированного стабилизатора с поверхностным слоем частиц магнитной фазы и уменьшением магнитного момента частиц магнетита. Этот процесс может привести к разгерметизации МЖГ. Намагничённость МНЖ С1-20В, наоборот, в ходе термоиспытаний возрастает. Это связано с увеличением концентрации магнитной фазы вследствие оттока носителя.

Результаты термоиспытаний в динамике свидетельствуют о том, что ресурс работы МНЖ Ф1-20 при 150⁰С недостаточен. За 200 часов работы критический перепад давлений уменьшился до 0. За 180 часов работы МНЖ С1-20В в макете её критический перепад давлений не изменился.

Для увеличения ресурса работы при высоких температурах синтезирована МНЖ на более термостойких фторированных носителях и стабилизаторе. Испытания взаимодействия МНЖ Ф1-20 с концентрированными неорганическими кислотами показали, что она выдерживает непосредственный контакт с соляной и азотной кислотами в течение 2 суток, а с серной кислотой – 2 часа. В среде хлора МНЖ сохраняет свои свойства в течение 65 часов.

Проведены испытания влияния органических растворителей различной химической природы на физические свойства МНЖ Ф1-20 и С1-20В при комнатной температуре и времени контакта 1 час. Данные испытания показали, что МНЖ С1-20В в процессе контакта с органическими растворителями выдерживает действие лишь ацетона. Во всех остальных растворителях имеет место коагуляция, на что указывают изменения во всех измеренных физико-химических характеристиках (плотность, пластическая вязкость, намагничённость, агрегативная и кинетическая устойчивость). МНЖ типа Ф1-20 устойчива к воздействию не только гексана, хлороформа, толуола, ацетона, этилацетата, но и таких высокоактивных растворителей как N,N-диметилформамид и тетрагидрофуран.

На следующем этапе работы изучалось влияние этих сред на стойкость МНЖ в течение 100-300 часов при 150⁰С. В ходе изучения стойкости МНЖ к воздействию высоких температур и агрессивных сред, для работы в составе МНЖГ химических реакторов была выбрана МНЖ на фторированной основе. Проведена работа по замене компонентов данной МНЖ на более термостойкие, однако не удалось получить МНЖ, которая является работоспособной при температурах 150-200⁰С во всех агрессивных средах. Поэтому необходима защита МНЖ от действия высоких температур и агрессивных сред.

В целях ограничения воздействия агрессивных сред разработана конструкция МЖГ с защитным элементом, который выполнен в виде гидравлического затвора обратного типа, что позволяет защитить МНЖ от контакта с агрессивной средой. Условием надёжной работы гидрозатвора является абсолютная герметичность динамического уплотнения, что достигается применением МНЖ. Все элементы гидрозатвора, контактирующие с агрессивной средой, выполнены из фторопласта. В качестве запорной жидкости используются малоиспаряемые химически

стойкие жидкости. Это позволяет исключить воздействия агрессивной среды и тепловых потоков реактора непосредственно на детали МЖГ и МНЖ. Кроме того, МЖГ содержит устройство, которое находится между валом и вращающимся элементом и компенсирует угловые и осевые биения вала. В МЖГ предусмотрена система водяного охлаждения.

В качестве материала корпуса могут использоваться немагнитные стали таких марок как: X18H9T, X18H10T, 03X18H11, 08X18H12B, 10X14G14H4T, 10X14AG15, ХН55МБЮ, 07Х21Г7АН15 и др., а также алюминий и сплавы на его основе марок А-999, А-995, А-99, АМг3, АМг5, АМг6 и титан марок ВТ5-1, ВТ6С, ВТ14. Для прокладок и шайб можно применять фторопласты марок Ф-4, Ф-40, Ф-42. Для элементов магнитной цепи МНЖГ должны применяться стали имеющие, кроме коррозионной стойкости, индукцию магнитного насыщения не ниже 1,6-1,8 Тл. К таким сталям относятся: 08Х13, 12Х13, 15Х28, 20Х13, 30Х13, 40Х13. Следует отметить, что коррозионная стойкость сталей обычно повышается с улучшением чистоты обработки поверхности. Оценки коррозионной стойкости магнитов не требуется, т.к. конструкция МЖГ обеспечивает защиту магнитов от химического воздействия уплотняемой среды.

На рис. 3 представлены МЖГ, установленные на химические реакторы Ярославского ОАО «Лакокраска». Они предназначены для герметизации паров толуола при температуре до 150⁰С. В цехе №6 установлено четыре МЖГ, два из которых на диаметр уплотняемого вала 95 мм и два на диаметр 110 мм. Объёмы реакторов составляют 6 м³ и 10 м³.

Выводы: металлы и магнитные наножидкости не могут длительное время работать в прямом контакте с агрессивными средами при воздействии температур 150-200⁰С.

Поэтому при разработке МЖГ в конструкцию введены элементы защиты и система охлаждения.

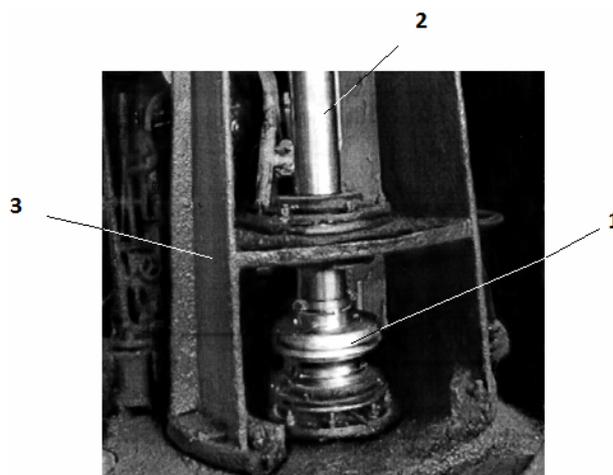


Рис. 3. Общий вид МЖГ химического реактора

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мельник, В.А. Торцовые уплотнения валов. Справочник. – М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
2. Пятин, Ю.М. Постоянные магниты: Справочник. – М.: Энергия, 1980. 488 с.
3. Томашов, Н.Д. Теория коррозии и коррозионно-стойкие конструкционные сплавы / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова. – Л.: Химия, 1988. 460 с.
4. Ульянов, Е.А. Коррозионно-стойкие стали и сплавы. Справочник. – М.: Металлургия, 1991. 255 с.
5. Сайкин, М.С. Особенности выбора конструкционных материалов и магнитных жидкостей для МЖУ химических аппаратов / М.С. Сайкин, Л.А. Бобко // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии», VI Бернардосовские чтения, Иваново, 1992. С. 132.
6. Курченко, А.Г. Магнитные жидкости – новый эффективный материал // Механизация и автоматизация. 1990. N4. С. 34-35.

FEATURES OF APPLICATION THE MAGNETIC LIQUID SEALERS FOR SHAFTS IN THE CHEMICAL EQUIPMENT

© 2011 M.S. Saykin

Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin

Are developed sealers on the basis of magnetic nanoliquids, intended for consolidation the rotating shafts at spherical mills and chemical reactors. On the basis of the spent researches recommendations for choice the magnetic nanoliquids, sealers materials and their design features are made.

Key words: sealer, magnetic nanoliquids, spherical mill, chemical reactor

Mikhail Saykin, Candidate of Sciences, Associate Professor at the Department of Theoretical Bases of Electrotechnics and Electrotechnologies. E-mail: Saikin@eef.ispu.ru