

УДК 538.2

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ НАНОМАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ ГЕРМЕТИЗАТОРЫ

КАЗАКОВ Ю.Б., д-р техн. наук, ПЕРМИНОВ С.М., канд. техн. наук

Описаны конструкции усовершенствованных герметизаторов на основе магнитоуправляемых наножилок. Выявлены пределы повышения их эффективности. Рассмотрены подходы к полемому моделированию герметизаторов.

Ключевые слова: герметизаторы, магнитоуправляемые наножилок, полевое регулирование.

ADVANCED NANOMAGNETO-LIQUID TIGHTENER

Yu.B. KAZAKOV, Ph.D., S.M. PERMINOV, Ph.D.

This work is devoted to the description of advanced tightener design on magnetically operated nanoliquids base. The limits of their efficiency increase are shown in the paper. The approaches to tightener field simulation are also taken into consideration.

Key words: tighteners, magnetically operated nanoliquids, field control.

Магнитоуправляемые наножилок (МНЖ) представляет собой коллоидный раствор наноразмерных магнитных частиц, покрытых поверхностно-активным веществом, в жидкости-носителе. Для получения структурно устойчивой МНЖ требуется использование нанотехнологий. На устойчивость МНЖ отрицательно влияют интенсивное резко неоднородное магнитное поле, высокоградиентные сдвиговые течения, значительные температурные перепады.

В герметичных уплотнениях на основе МНЖ – магнитожилок герметизаторах (МЖГ), формируется неоднородное магнитное поле в зазоре. МНЖ втягивается в области с максимальной напряженностью магнитного поля, образуя магнитожилок пробки, которые и удерживают перепад давления. МЖГ обеспечивают передачу вращательного и возвратно-поступательного движений в условиях вакуума, газовых и жидкостных сред, герметизацию неподвижных соединений. МЖГ успешно применяются в высоковакуумной и космической технике, в биотехнологическом оборудовании, где они являются непреодолимым барьером для микробиологических и бактериальных организмов, обеспечивают защиту окружающей среды от загрязнения, в оптических системах наблюдения, где позволяют заполнить внутренние объемы инертным газом и исключить запотевание линз. Эффективность МЖГ характеризуется критическим удерживаемым перепадом давления, объемом заправки МНЖ, моментом трения, температурным режимом, ресурсом работы, массо-габаритными показателями.

Моделирование МНЖ как наноструктуры целесообразно осуществлять численными методами на основе моделей, содержащих множество наноразмерных элементов, – полевых моделей. Показатели МЖГ необходимо определять по результатам расчетов распределения магнитного поля, численного определения местоположения магнитожилок пробки и формы ее поверхностей при критическом перепаде давления, распределения поля скоростей движения МНЖ, интенсивности тепловыделений в объеме МНЖ, распределения теплового поля в МЖГ.

Сложность расчета физических полей МЖГ (магнитного поля, поля давлений МНЖ, определяющей форму МНЖ, поля скоростей течения МНЖ, теплового поля) обуславливается заранее

неизвестной конфигурацией МНЖ, зубчатой структурой сердечников и нелинейными характеристиками свойств материалов (магнитных, реологических, теплофизических).

Физические поля в МЖГ взаимосвязаны. Так, положение и форма МНЖ в МЖГ зависят от параметров магнитного поля и обычно заранее неизвестны. Одновременно распределение магнитного и теплового полей зависят от положения и формы магнитожилок пробки. Магнитные свойства МНЖ и постоянных магнитов зависят от температуры их работы, но, в свою очередь, реологические характеристики МНЖ, тепловыделения в элементах МНЖ и их теплофизические свойства зависят от интенсивности магнитного поля. Поэтому для расчета разных полей целесообразно представление МЖГ обобщенной полевой моделью. Использовались модели, содержащие до полумиллиона конечных элементов.

Усовершенствование конструкций МЖГ и увеличение их срока работы возможно на основе повышения эффективности рабочей зоны уплотнения. На полевых моделях выявлено, что для увеличения удерживаемого перепада давлений целесообразно использовать многополюсную конструкцию из ряда последовательно установленных аксиально намагниченных кольцевых магнитов. Рядом расположенные магниты имеют встречную намагниченность, за счет чего достигается снижение радиальных размеров и исключаются полюсные приставки.

В другой конструкции зазор формируется прямоугольными равношаговыми зубцами вала и полюса, сдвинутыми в аксиальном направлении на половину зубцового деления. Имеет преимущество и конструкция, у которой на поверхностях полюсных приставок, обращенных к валу, выполнены кольцевые пазы. На валу герметично установлены немагнитные диски, заходящие в пазы полюсных приставок с зазором. Удерживаемый перепад давления в такой конструкции превышает перепад давления МЖГ традиционного типа на 10–30%, при этом обеспечивается снижение габаритов МЖГ.

Чрезмерные индукции разрушают МНЖ, повышают момент трения, снижают ресурс работы. В усовершенствованных МЖГ достигается снижение всплесков индукции на острых кромках зубцов путем их скругления. Высокие градиенты индукции обуславливаются также шероховатостью поверхностей,

соприкасающихся с МНЖ. В этом случае на них наносится тонкое немагнитное покрытие. Это препятствует образованию на выступах цепочек из магнитных частиц. Продление ресурса работы достигается разными конструктивными решениями: снижением индукции в МНЖ в период хранения МЖГ и повышением индукции до требуемого уровня с началом эксплуатации. Предлагаемые МЖГ обеспечивают ресурс работы, повышенный на 20%.

Список литературы

1. Система расчета магнитожидкостного герметизатора с параметрически формируемой полевой моделью и определением критического положения магнитной жидкости / Ю.Я. Щелькалов, Ю.Б. Казаков, А.И. Тихонов,

С.М. Перминов // Тр. X конф. по магнитным жидкостям. – Плес, 2002. – С. 374–381.

2. Казаков Ю.Б., Щелькалов Ю.Я. Численный анализ взаимодействующих магнитного и теплового полей в магнитожидкостном герметизаторе // Электротехника. – 2002. – № 6. – С. 57–61.

3. Казаков Ю.Б. Определение положения границ магнитной жидкости в герметизаторах на основе адаптивных конечно-элементных сеток: Тр. XI конф. по магнитным жидкостям. – Плес, 2004. – С. 309–314.

4. Конечно-разностное моделирование магнито-жидкостного герметизатора / Ю.И. Страдомский, С.М. Перминов, С.С. Борисов, Н.Н. Русакова // Магнитные жидкости в ИГЭУ: Тр. ИГЭУ. – Иваново, 2004. – С. 149–169.

Казаков Юрий Борисович,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электромеханики,
телефон (4932) 26-97-06,
e-mail: elmash@em.ispu.ru

Перминов Сергей Михайлович,

ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, зав. лабораторией ПНИЛ прикладной феррогидродинамики кафедры электромеханики,
телефон (4932) 26-97-04,
e-mail: elmash@em.ispu.ru