

Особенности магнитожидкостных уплотнений вращающихся валов

Альгадал А. М., Баштовой В. Г.

Белорусский национальный технический университет

Герметизация вращающегося вала в месте его выхода из корпуса является одним из важнейших условий нормального функционирования современных машин и аппаратов, работающих на разнообразных рабочих средах. В вакуумной технике и технологии часто возникает необходимость герметизации всего механизма или отдельных его частей. Настоящая работа посвящена изучению особенностей магнитожидкостных уплотнений вращающихся валов и определению области применения разработанных магнитожидкостных уплотнений (МЖУ).

Введение

Необходимость создания уплотнений для новой техники, требующих минимального обслуживания в эксплуатации и обладающих высокой герметичностью и износостойкостью, привела к разработке и исследованию нового типа жидкостного уплотнения с магнитной жидкостью в качестве уплотняющей среды - магнитожидкостного уплотнения.

Основными преимуществами магнитожидкостных уплотнений являются малое трение и высокие уплотняющие свойства. Как известно, узел МЖУ способен удерживать перепад давления свыше одной атмосферы при абсолютной герметичности уплотнения, что создает благоприятные условия для использования МЖУ в различных устройствах [6].

На рис.1 представлены принципиальные схемы двух наиболее распространенных конструкций магнитожидкостных уплотнений [1]. Уплотнение зазора осуществляется здесь жидкой пробкой 1, удерживаемой между валом 4 и корпусом с помощью неоднородного магнитного поля, которое создается системой из постоянного магнита 3 и полюсных наконечников 2. В схеме 1а вал изготовлен из магнитного материала и является неотъемлемым элементом магнитной цепи, в схеме 1б

вал не обладает магнитными свойствами и поэтому не входит в состав магнитного контура.

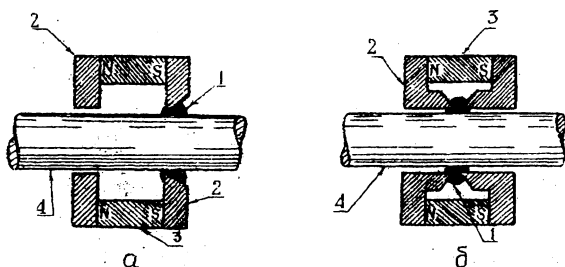


Рис.1. Принципиальные схемы двух наиболее распространенных конструкций МЖУ [1] (*а*- для магнитного вала, *б*- для немагнитного вала):
1- магнитная жидкость, 2-полюсные наконечники, 3- постоянный магнит, 4- вал

Однако до настоящего времени остается открытым вопрос о том, до каких скоростей вращения вала МЖУ на основе традиционной схемы остается работоспособным, т. е. обеспечивает требуемые перепад давления, герметичность и ресурс. Постановка этого вопроса связана с тем, что с увеличением скорости вращения вала уплотняющие свойства МЖУ падают из-за ряда осложняющих факторов, основными из которых являются выбрасывание магнитной жидкости из рабочей зоны уплотнения центробежными силами и диссипативный разогрев жидкости, приводящий к ее испарению.

Обратим внимание на влияние другого фактора, ограничивающего область применения традиционной схемы МЖУ. Вязкое трение в жидкости несомненно существенно ниже сухого твердых тел, что является одним из преимуществ МЖУ. Однако при высоких скоростях сдвига диссипативные потери становятся достаточно большими, что приводит к интенсивному испарению жидкости.

Задачи исследования

При увеличении окружных скоростей вращения вала на технические характеристики МЖУ влияет ряд факторов. Во-первых, при скоростях сдвига в кольцевом слое жидкости порядка 10^4с^{-1} исключается возможность образования коагуляционных структур, которые, как показали эксперименты [4], определяют критический перепад давления при небольших линейных скоростях вала. Во-вторых, вследствие перераспределения давления из-за центробежных эффектов, изменяется напряженное состояние внутри жидкостной пробки, что может привести к искривлению свободной поверхности слоя и уменьшению рабочего перепада давления [2]. В-третьих, наблюдается разогрев, вызванный вязкой диссипацией.

Последний фактор может ограничить область применения МЖУ [3] по следующим причинам:

- с увеличением температуры интенсифицируется испарение магнитной жидкости, что снижает срок надежной работы МЖУ;
- увеличение диссипативного тепловыделения свидетельствует о росте момента трения с увеличением скорости вращения вала [5], что, в конечном счете, снижает эффективность передачи момента.

Перечисленные факторы свидетельствуют, что для расширения области применения МЖУ необходимо исследование тепловых режимов МЖУ, которое включает в себя, во-первых, определение абсолютных величин тепловыделения в объеме магнитной жидкости в зазоре МЖУ и, во-вторых, разработку способов отвода тепла из рабочей зоны.

Заключение

Таким образом, исследование МЖУ показывает цель дальнейших работ по оптимизации МЖУ в следующих основных направлениях;

- Учет зависимости теплофизических характеристик от температуры и постановка сопряженных задач при расчете теплового режима МЖУ;
- Дополнительная конструкторская проработка высокоскоростных МЖУ для обеспечения отвода значительного

диссипативного тепловыделения и комбинирование МЖУ с динамическими уплотнениями;

• Подбор оптимальной магнитной жидкости с учетом специфики ее применения в условиях эксплуатации МЖУ. В частности, увеличение магнитных свойств магнитной жидкости связано с ростом концентрации магнитного материала, что приводит к увеличению вязкости и, в свою очередь, момента сопротивления вращению вала.

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

Литература

1. Орлов, Л. П., Фертман, В. Е. Магнитожидкостные уплотнения вращающихся валов. Препринт № 8. – Мн.: ИТМО АН СССР, 1979. – 29с.
2. Орлов, Л. П., Полевиков, В. К., Фертман, В. Е., К расчету критического перепада давления в динамическом режиме работы магнитожидкостного уплотнения //9-е Рижское совещ. по магнитной гидродинамике (Рига): Тез. докл. конф. – Рига, 1978. – №.3. – С.145.
3. Краков, М. С., Самойлов, В. Б., Рахуба, В. К., Чернобай, В.А., Исследование теплового режима магнитожидкостных уплотнений //Инженерно-физический журнал. – 1981. – Т. XLI, № 1. – С.99-104.
4. Орлов, Д. В., Разоренова, И.Е., Сизов, А. П., Исследование движения ферромагнитной жидкости в кольцевом зазоре при наличии радиального магнитного поля //VI Таллинское совещание по электромагнитным расходомерам и электромеханике жидких проводников: Материалы совещания.– Таллин, 1973. – С.79-85.
5. Baily, R. L., Hands, B.A., Vokins, I.M. A rotating shaft seal using magnetic fluid – some experiences. – In: Proc. 7th Int. Conf. Fluid Seal, Nottingham, 1975, Cranfield, 1976, A5/85 – A5/94.
6. Бондарчук, В.У., Рахуба, В.К., Рекс, А.Г., Самойлов, В.Б. Исследование перепада давлений, удерживаемых магнитожидкостными уплотнениями //Сб. Проблемы механики магнитных жидкостей. – Минск, ИТМО АН БССР, 1981. – С.86.