

УДК 621.56

И.В. Маянков, I.V. Mayankov, e-mail: i.v.mayankov@mail.ru

В.И. Карагузов, V.I. Karagusov

В.И. Кузнецов, V.I. Kuznetsov

О.П. Андреева, O.P. Andreeva

И.В. Карагузов, I.V. Karagusov

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

МАГНИТНЫЙ ОХЛАДИТЕЛЬ, РАБОТАЮЩИЙ ВБЛИЗИ КОМНАТНЫХ ТЕМПЕРАТУР

MAGNETIC REFRIGERATOR WORKING NEAR ROOM TEMPERATURE

В данной статье рассмотрен макет магнитного охладителя. С помощью макета планируется изучение свойств магнитокаларических материалов; влияние способов прокачки теплоносителя на перепад температур между холодным и горячим концом рабочего тела; изучение эффективности магнитных охладителей при использовании нескольких ступеней. Рассмотрены основные элементы магнитного охладителя, его принцип действия, циклы которые можно будет использовать в охладителе.

The structure of the magnetic cooler is described in this article. Using model plans to research a properties of the magnetocaloric materials; the influence of ways pumping coolant on temperature variation between the cold and hot end of the working body; the research an efficiency of magnetic coolers with the use of several stages. It Considered the basic elements of the magnetic coolers, its working principle and cycles, which can be used in the cooler.

Ключевые слова: магнитокалорический, магнитное охлаждение, термодинамические циклы

Keywords: magnetocaloric, magnetic refrigeration, thermodynamic cycle

В настоящее время использование магнитных охладителей является перспективным направлением холодильной техники, прежде всего это связано с их экологической безопасностью, а так же возможностью получения большего КПД, чем при работе парокомпрессионных холодильных машин. Задачей данной работы является создание оптимальной конструкции макета магнитокалорического охладителя работающего вблизи комнатных температур, с учетом преимуществ и недостатков уже существующих магнитных холодильников.

На данный момент был проведен анализ существующих магнитных охладителей, произведена их структуризация [1]. Были подобраны наиболее перспективные материалы рабочего тела [2], разработана схема макета магнитного охладителя. Рис. 1, он состоит из элементов, представленных в табл. 1. Был приобретен ряд материалов для изготовления макета.

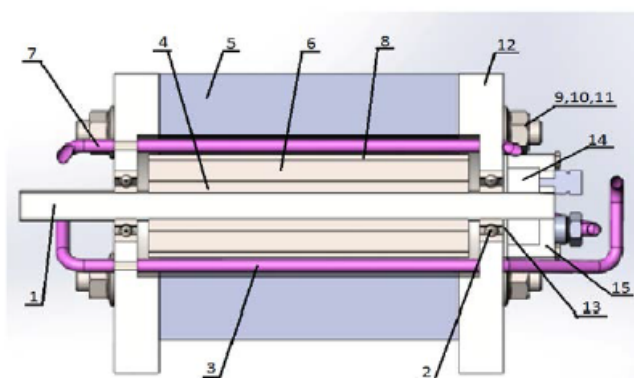


Рис. 1. Макет магнитного охладителя работающего вблизи комнатных температур

Таблица 1

Элементы магнитного охладителя

Номер	Наименование	Материал	Количество
1	Вал магнитного ротора	Сталь СТ45	1
2	Подшипник качения	-	2
3	Регенератор	гадолиний	4
4	Внутренний магнитопровод	Пермендюр 49КФ2	1
5	Внешний магнитопровод	Пермендюр 49КФ2	1
6	Постоянный магнит	Сплав ЧЗ6Р (Nd-Fe-B)	2
7	Трубопровод		
8	Наконечник постоянного магнита	Пермендюр 49КФ2	2
9	шпилька	-	4
10	шайбы	-	4
11	Болты	-	4
12	Боковая крышка	Сталь СТ45	2
13	Сальник	-	1
14	Ротор золотника	Полиамид	1
15	Корпус золотника	Сталь СТ45	1

Принцип действия

В основе магнитного метода охлаждения лежит использование магнитокалорического эффекта. Магнитокалорический эффект – процесс, заключающийся в изменении температуры или энтропии магнитного материала при его намагничивании или размагничивании во внешнем магнитном поле.

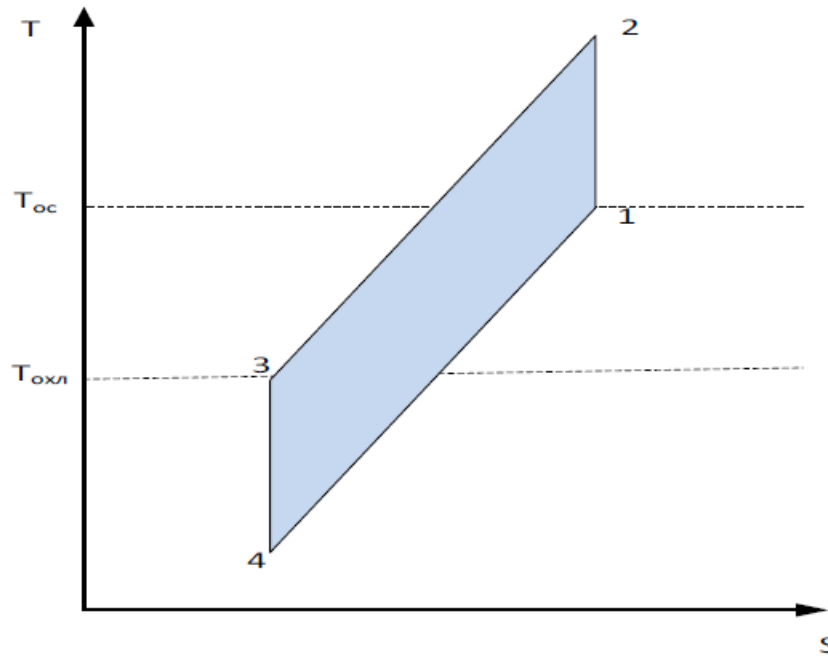


Рис. 2. Обратный термодинамический магнитный цикл Брайтона в T,s-диаграмме.
 T_{oc} – температура окружающей среды, $T_{охл}$ – температура охлаждения, $B_1 > B_0$ – индукции магнитного поля.

В используемом макете осуществляется магнитный регенеративный цикл Брайтона (см. рис.2), регенератор является активным магнитным регенератором (АМР), т.е. рабочее тело выполняет функцию аналогичную регенератору. Такой цикл при использовании одного регенератора, или при параллельном их соединении состоит из следующих процессов:

1. Адиабатное намагничивание с изменением магнитного поля B_0 до B_1 (процесс 1-2, на рис.2.), при котором каждая частица АМР нагревается.
2. Процесс охлаждения рабочего тела при постоянном магнитном поле B_1 (процесс 2-3, на рис.2). В сильном магнитном поле жидкость, двигаясь от холодного конца регенератора к горячему, поглощает теплоту от АМР и отводит её в теплоотдатчике при температуре выше T_n .
3. Процесс адиабатного размагничивания с изменением магнитного поля от B_1 до B_0 (процесс 3-4, на рис. 2.), каждая частица в АМР охлаждается.
4. Процесс нагрева АМР в постоянном магнитном поле (процесс 4-1, на рис. 2.). В нулевом магнитном поле (B_0) жидкость проходит от горячего конца к холодному, происходит понижение её температуры.

Макет позволяет соединять АМР как последовательно, так и параллельно. При последовательном соединении регенераторов возможно создание каскадов имеющих как одну, так и две ступени. Это позволяет заметно увеличить перепад температур. При использовании параллельного соединения регенераторов можно добиться больших значений холодопроизводительности. Схема прокачки теплоносителя при последовательно-параллельном соединении регенераторов представлена на рис.3.

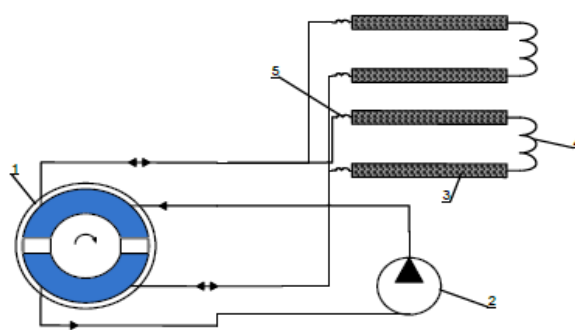


Рис. 3. Схема прокачки теплоносителя: 1 – золотник; 2 – циркуляционный насос; 3 – регенератор магнитного охладителя; 4 – теплообменник нагрузки; 5 – теплоотдатчик.

Конструкция

Вал макета установлен на боковых крышках, подключается к электродвигателю либо с помощью муфты, на рисунке не показана, либо на прямую. Частота вращения электродвигателя регулируется с помощью преобразователя частоты. На валу жестко закреплены внутренний магнитопровод и ротор золотника. Таким образом, частота вращения магнитопровода и ротора золотника будет одинакова. Золотник подключен к насосу и разделяет потоки таким образом, чтобы можно было добиться реверсивной прокачки теплоносителя.

АМП расположены в зазоре между внешним магнитопроводом и магнитным ротором (совокупность внутреннего магнитопровода, магнитов и наконечников), расчетная индукция магнитного поля в зазоре составляет около 1 Тл.

Для измерения температуры и давления используются 8 термодатчиков, расположенных на концах регенераторов и 2 датчика давления, установленных в нагнетательном и впускном трубопроводе насоса (на рисунке не показаны)

Ожидаемые результаты

Перепад температур на концах регенератора $\Delta T \approx 15^\circ\text{C}$.

Предполагаемая холодопроизводительность 20-30 Вт.

Назначение и возможность использования полученных результатов проекта

В науке. Возможность реализации различных термодинамических циклов, изучение влияния количества регенераторов, способов их соединения в одной установке, а, не в нескольких. Накопление теоретических и экспериментальных данных для их дальнейшего использования при создании промышленных образцов.

В производстве. В долгосрочной перспективе возможна замена паровых холодильных машин на магнитные, связано это с ужесточающимися экологическими требованиями.

В образовательном процессе. Использование в качестве лабораторного стенда для демонстрации магнитного холодильника в учебных целях, а так же для изучения магнитокалорического эффекта различных материалов.

Библиографический список

1. Маянков, И. В. Магнитокалорические системы охлаждения работающие вблизи комнатных температур и их систематизация / И. В. Маянков, В. И. Карагусов // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Холодильная техника и кондиционирование. – 2014. – № 1 (14). [Электронный ресурс]. URL: <http://refrigeration.ihbt.ifmo.ru/ru/article/8634/magnitokaloricheskie>

[_sistemy_ohlazhdeniya_rabotayuschie_vblizi_komnatnyh_temperatur_i_ih_sistematizaciya.htm](#)
(Дата обращения: 01.06.2014)

2. Маянков, И. В. Выбор материала для магнитного охлаждения вблизи комнатных температур / И. В. Маянков // Техника и технология современного нефтехимического и нефтегазового производства: материалы 3-й науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов, студентов, творческой молодежи профильных предприятий и организаций, учащихся старших классов, 24-25 апреля 2013 г.: в 2 кн. – Омск, 2013. – Кн. II. – С. 384.