

Л.Ю. Иванова, В.Е. Шредер

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БЛОКОВ-ОСУШИТЕЛЕЙ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН¹

В химической, пищевой и других отраслях промышленности при проведении технологических процессов и хранении исходного сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов широко используются холодильные машины, среди которых ведущая роль принадлежит машинам герметичного типа. Однако жесткие условия работы создают предпосылки для развития химических процессов в маслохладоновой смеси. В результате имеют место коррозия металлических поверхностей, разрушение изоляции встроенного электродвигателя и выход его из строя. Установлено, что около 90 % образующихся в холодильных машинах органических и неорганических загрязнений (кислот, неконденсируемых газов), вызывающих разрушение материалов холодильной машины, связано с присутствием воды.

Современная технология производства и ремонта холодильных машин в целом направлена на уменьшение содержания воды в системе. Однако до настоящего времени значительное число отказов холодильных машин прямо или косвенно связано с наличием в ней воды. Это свидетельствует о сложности проблемы осушки систем холодильных машин и вызывает необходимость совершенствования процессов осушки при изготовлении, ремонте и эксплуатации [1].

В качестве осушителей в холодильных машинах применяются гранулированные цеолитовые сорбенты. Адсорбент помещают в специальный металлический патрон, который устанавливают у входа в капиллярную трубку. При этом гранулированные сорбенты, несмотря на плотную упаковку слоя, истираются в процессе эксплуатации. Для устранения этого недостатка гранулы связывают в блоки, в которых исключаются их подвижность относительно друг друга, а следовательно, и процесс истирания. В качестве связующих традиционно предлагают использовать: кремнезоль, жидкое стекло, основные соли алюминия, глины, цемент, эпоксидную, полиуретановую и фенолформальдегидную смолы, каучуки и др.

В настоящее время отечественная холодильная промышленность использует блоки, производимые зарубежными фирмами. Отечественной технологии получения блочных сорбентов не существует.

Сложность данной технологии заключается в выборе типа и количества связующего, поскольку трудно подобрать связующее, обеспечивающее получение механически прочных блоков из гранул с малым аэродинамическим сопротивлением и высокой динамической активностью.

В связи с этим данная работа посвящена решению актуальной задачи разработки технологии получения блочных сорбентов.

Для исследования влияния фракционного состава на сорбционную емкость готового изделия прессованием были изготовлены блоки ($d = 30$ мм, $h = 10$ мм) с одинаковым количеством связующего (20 %). Исследовались три фракции: 2,5...2,0 мм, 2,0...1,2 мм и 1,2...0,8 мм. Кинетику сорбции паров воды определяли при относительной влажности $\varphi = 75$ %. Полученные кинетические кривые приведены на рис. 1.

¹ Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. С.И. Дворецкого.

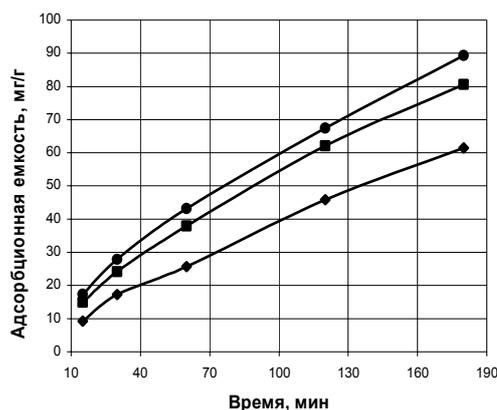


Рис. 1. Кинетика адсорбции паров воды блоков из силикагеля с различным размером фракций:
 ◆ – размер частиц 2,5...2,0 мм; ■ – 2,0...1,2 мм; ● – 1,2...0,8 мм

Из рис. 1 видно, что кинетика готового изделия существенно зависит от размера исходных гранул сорбента. Наиболее высокой скоростью адсорбции обладает самая мелкая фракция.

Кроме высокой адсорбционной емкости, блок должен удовлетворять требованиям по механической прочности. Для выявления влияния размера фракции на механическую прочность изделия эти же образцы были подвержены испытанию на раздавливание. Результаты проведенных экспериментов показывают, что механическая прочность блока носит линейную зависимость от фракционного состава. При увеличении размера фракции первичного гранулята происходит антибатное изменение механической прочности.

В результате проведенных экспериментов можно сделать вывод, что оптимальной для изготовления блока является мелкая фракция, с размером частиц 1,2...0,8 мм.

В связи с тем, что блок должен обеспечивать глубокую осушку в области низких влажностей и поглощать кислоты, которые могут образоваться в ходе работы охладительной системы, блок необходимо изготавливать из смеси силикагеля и цеолита. На рис. 2 представлены индивидуальные изотермы сорбции паров воды сорбента цеолитового NaA [2] и силикагеля марки ШСМГ [3]. Из рисунка видно, что емкость цеолитового сорбента в области низких относительных влажностей значительно больше емкости силикагеля. Но использовать один цеолит при изготовлении блока нежелательно, так как он из-за малого размера пор не поглощает органические кислоты. Поэтому в дальнейших исследованиях использовалась двухкомпонентная шихта, состоящая из цеолита типа А и силикагеля марки ШСМГ.

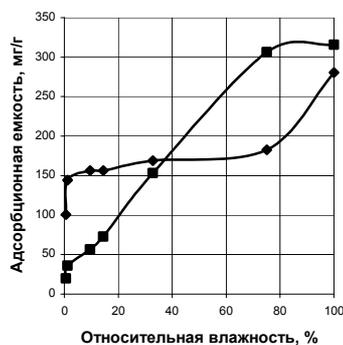


Рис. 2. Изотерма сорбции паров воды сорбентом цеолитовым NaA (◆) и силикагелем марки ШСМГ (■)

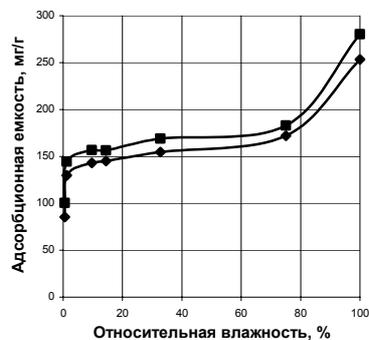


Рис. 3. Изотермы адсорбции паров воды сорбента цеолитового в зависимости от условий регенерации:
 ◆ – регенерация в вакууме при 200 °C;
 ■ – регенерация при 450 °C на воздухе

Стандартные режимы регенерации цеолитовых сорбентов предполагают активацию их при температуре 450...600 °C [4]. Однако термостойкость используемого двухкомпонентного полимерного связующего (ДПС) не позволяет нагревать изделие до такой температуры, поэтому активация проводилась при 200 °C с одновременным вакуумированием до остаточного давления не более 0,01 ата. Для обоснования таких условий активации блока были определены индивидуальные изотермы адсорбции сорбента цеолитового при 450 °C на воздухе и 200 °C в вакууме. Результаты представлены на рис. 3. Из рисунка видно, что сорбционная емкость образца, регенерированного при 200 °C и вакууме, незначительно отличается от образцов, регенерированных при 450 °C на воздухе. Это свидетельствует о том, что вакуумная регенерация приемлема для активации блоков.

Для выявления влияния связующего на кинетику сорбции использовали шихту силикагеля с размером частиц 2...1,2 мм. В результате проведенного исследования был выбран образец, содержащий 10 % (по масс.) связующего при соотношении компонентов 20/80.

Для сравнения эксплуатационных характеристик полученного блока и блока фирмы Danfoss (Дания) были определены кинетика и изотерма сорбции паров воды. Полученные результаты приведены на рис. 4. Сравнительный анализ кинетики адсорбции паров воды разработанного блока и блока фирмы Danfoss подтверждает их одинаковые сорбционно-кинетические характеристики. Адсорбционная емкость в области низких парциальных давлений сравниваемых образцов одинакова, а при увеличении парциального давления адсорбционная емкость разработанного блока превышает емкость блока Danfoss.

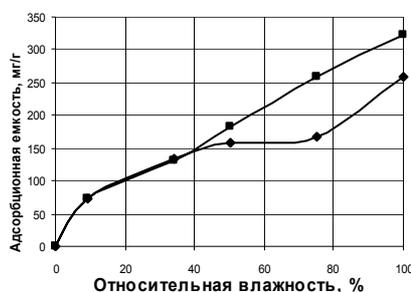


Рис. 4. Изотерма адсорбции паров воды полученного блока (■) и блока фирмы Danfoss (Дания) (◆)

В ходе проведения работы получены следующие результаты:

1. В качестве связующего для изготовления блока выбрано двухкомпонентное полимерное связующее (ДПС). Оптимальное содержание ДПС в блоке 10 % (по масс.) при соотношении компонентов 20/80.
2. Для изготовления блока выбрана смесь цеолитового сорбента типа А и силикагеля марки ШСМГ в соотношении 20/80, соответственно. Оптимальный размер фракции 0,8...1,2 мм.
3. Механическая прочность полученного блока составляет 56 кг/мм².
4. Аэродинамическое сопротивление не превышает $5 \cdot 10^{-3}$ бар.

Работа выполнена в ОАО «Корпорация «Росхимзащита» в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002 – 2006 гг., шифр РИ –16.0/008/223.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О выборе сорбента для комплексной очистки рабочей среды фреоновых герметичных холодильных машин / А.И. Филенко, Л.Ш. Малкин, В.Л. Колин, П.М. Белоцерковский // Холодильная техника. – 1971. – № 10. – С. 20 – 25.
2. Синтез цеолитов А и Х и изучение их свойств : метод. указания. – Л. : ЛТИ им. Ленсовета, 1991. – 19 с.
3. ГОСТ 3956. Силикагель технический. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1976.
4. КЕЛЬЦЕВ, Н.В. ОСНОВЫ АДсорбЦИОННОЙ ТЕХНИКИ / Н.В. КЕЛЬЦЕВ. – М. : ХИМИЯ, 1984. – 592 С.

Кафедра «Технологическое оборудование и пищевые технологии»