

Обратный цикл Карно. Физические принципы получения искусственного холода

Теоретическое занятие

Специальность: 15.02.06 Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт
холодильно-компрессорных и теплонасосных машин и установок (по отраслям)

МДК.01.01 Техническая эксплуатация и обслуживание
судового холодильного оборудования

Тема 1.1 Обратный цикл Карно. Физические принципы
получения искусственного холода

Преподаватель: Рутенко А.В.

Обратный цикл Карно. Физические принципы получения искусственного холода

Введение. Назначение холодильной техники.

Физические принципы получения искусственного холода.

Обратный цикл Карно. Отступления от обратного цикла Карно.

**Диаграмма Молье. T-S диаграмма. Холодильный коэффициент, удельная
массовая и объемная холодопроизводительность**

Холодильными или рефрижераторными называют установки, предназначенные для искусственного понижения температуры в помещении для сохранения или замораживания скоропортящихся продуктов, приготовления льда и кондиционирования воздуха.

Под холодопроизводительностью установки понимается количество тепла, отнимаемое ею из окружающей среды в единицу времени.

Понижение и поддержание заданной температуры воздуха в охлаждаемом помещении обеспечивается отводом из него проникающего извне тепла. Для этого внутри помещения устанавливается испаритель, по которому циркулирует непрерывно хладагент, кипящий в испарителе при низкой температуре. На испарение и перегрев паров хладагента и используется проникающее в помещение тепло. Пары хладагента всасываются компрессором из испарителя, сжимаются и подаются в конденсатор. Тепло, отведенное из помещения и приобретенное в компрессоре в процессе сжатия, отдается парами заборной циркуляционной воде в процессе конденсации в конденсаторе. Конденсат (жидкий хладагент) подается из конденсатора в ТРВ, где дросселируется через отверстие малого диаметра, расширяется с понижением давления и температуры до температуры кипения и поступает в испаритель. Описанный процесс повторяется вновь.

Физическая природа тепла и холода одинакова, разница состоит только в скорости движения молекул и атоме. В более нагретом теле скорость движения больше, чем менее нагретом. При подводе к телу тепла движение возрастает, при

отнятии тепла уменьшается. Таким образом тепловая энергия есть внутренняя энергия движения молекул и атомов.

Охлаждение тела – это отвод от него тепла, сопровождаемый понижением температуры. Самый простой способ охлаждения – теплообмен между охлаждаемым телом и окружающей средой – наружным воздухом, речной морской водой, почвой. Но этим способом, даже при самом совершенном теплообмене, температуру охлаждаемого тела можно понизить только до температуры окружающей среды. Такое охлаждение называется естественным. Охлаждение тела ниже температуры окружающей среды называется искусственным. Для него используют главным образом скрытую теплоту, поглощаемую телами при изменении их агрегатного состояния.

Количество тепла или холода измеряется калориями или килограмм-калориями (килокалория). Калория – это количество тепла, необходимое для нагрева 1 г воды на 1 при нормальном атмосферном давлении, килокалория – для нагрева 1 кг воды на 1С при тех же условиях.

Существуют несколько способов получения искусственного холода. Самый простой из них – охлаждение при помощи льда или снега, таяние которых сопровождается поглощением довольно большого количества тепла. Если теплопритоки извне малы, а теплопередающая поверхность льда или снега относительно велика, то температуру в помещении можно понизить почти до 0°C. Практически в помещении, охлаждаемом льдом или снегом, температуру воздуха удается поддерживать лишь на уровне 5-8°C. При ледяном охлаждении используют водный лед или твердую углекислоту (сухой лед).

При охлаждении водным льдом происходит изменение его агрегатного состояния – плавление (таяние). Холодопроизводительность, или охлаждающая способность чистого водного льда, называется удельной теплотой плавления. Она равна 335 кДж/кг. Теплоемкость льда равна 2,1 кДж/кг • градус.

Водный лед применяется для охлаждения и сезонного хранения продовольственных товаров, овощей, фруктов в климатических зонах

с продолжительным холодным периодом, где в естественных условиях в зимний период его легко можно заготовить.

Водный лед в качестве охлаждающего средства применяется в специальных ледниках и на ледяных складах. Ледники бывают с нижней загрузкой льда (ледник-погреб) и с боковой – карманного типа.

Ледяное охлаждение имеет существенные недостатки: температура хранения ограничена температурой таяния льда (обычно температура воздуха на ледяных складах 5- 8°C), в ледник необходимо закладывать количество льда, достаточное на весь период хранения, и добавлять по мере необходимости; значительные затраты труда на заготовку и хранение водного льда; большие размеры помещения для льда, превышающие примерно в 3 раза размеры помещения для продуктов; значительные затраты труда на соблюдение необходимых требований, предъявляемых к хранению пищевых продуктов и отводу талой воды.

Льдосоляное охлаждение производится с применением дробленого водного льда и соли. Благодаря добавлению соли скорость таяния льда увеличивается, а температура таяния льда опускается ниже. Это объясняется тем, что добавление соли вызывает ослабление молекулярного сцепления и разрушение кристаллических решеток льда. Таяние льдосоляной смеси протекает с отбором теплоты от окружающей среды, в результате чего окружающий воздух охлаждается, и температура его понижается. С повышением содержания соли в льдосоляной смеси температура плавления ее понижается. Раствор соли с самой низкой температурой таяния называется эвтектическим, а температура его таяния – криогидратной точкой. Криогидратная точка для льдосоляной смеси с поваренной солью -21,2°C, при концентрации соли в растворе 23,1% по отношению к общей массе смеси, что примерно равно 30 кг соли на 100 кг льда. При дальнейшей концентрации соли происходит не понижение температуры таяния льдосоляной смеси, а повышение температуры таяния (при 25%-ной концентрации соли в растворе к общей массе температура таяния повышается до -8°C).

При замораживании водного раствора поваренной соли в концентрации, соответствующей криогидратной точке, получается однородная смесь кристаллов льда и соли, которая называется эвтектическим твердым раствором.

Температура плавления эвтектического твердого раствора поваренной соли $-21,2^{\circ}\text{C}$, а теплота плавления - 236 кДж/кг . Эвтектический раствор применяют для зероторного охлаждения. Для этого в зероты, наглухо запаянные формы, заливают эвтектический раствор поваренной соли и замораживают их. Замороженные зероты используют для охлаждения прилавков, шкафов, охлаждаемых переносных сумок-холодильников и т. д. В торговле льдосоляное охлаждение широко применялось до массового выпуска оборудования с машинным способом охлаждения.

Охлаждение сухим льдом основано на свойстве твердой углекислоты сублимировать, т.е. при поглощении тепла переходить из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое состояние. Физические свойства сухого льда следующие температура сублимации при атмосферном давлении – $-78,9^{\circ}\text{C}$, теплота сублимации $574,6 \text{ кДж/кг}$.

Сухой лед обладает следующими преимуществами по сравнению с водным:

- можно получать более низкую температуру;
- охлаждающее действие 1 кг сухого льда почти в 2 раза больше, чем 1 кг водного льда:
- при охлаждении не возникает сырости, кроме того, при сублимации сухого льда образуется газообразная углекислота, которая является консервирующим средством, способствующим лучшему сохранению продуктов.

Сухой лед применяется для перевозки замороженных продуктов, охлаждения фасованного мороженого, замороженных фруктов и овощей.

Искусственного охлаждения можно достигнуть также, если смешать лед или снег с разведенными кислотами. Низкую температуру можно получить и растворением солей в разведенных кислотах¹.

¹ Быстрицкий Г.Ф. Основы теплотехники и энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учебник для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2022.

Получение искусственного холода с помощью снега или льда, а также с помощью охлаждающих смесей имеет существенные недостатки: трудоемкость процессов заготовки льда или снега, их доставки, трудность автоматического регулирования, ограниченные температурные возможности.

Использование для холодильной обработки пищевых продуктов нетрадиционных экологически безопасных методов получения холода является криогенный метод на базе жидкого и газообразного азота с применением безмашинной проточной системы хладоснабжения, предусматривающей одноразовое использование криоагента.

Безмашинные проточные системы азотного охлаждения имеют значительные преимущества: очень надежны в эксплуатации и имеют высокую скорость замораживания, обеспечивающую практически полное сохранение качества и внешнего вида продукта, а также минимальные потери его массы за счет усушки.

Машинное охлаждение – способ получения холода за счет изменения агрегатного состояния хладагента, кипения его при низких температурах с отводом от охлаждаемого тела или среды необходимой для этого теплоты парообразования.

Для последующей конденсации паров хладагента требуется предварительное повышение их давления и температуры.

В основу машинного способа охлаждения может быть положено также адиабатическое (без подвода и отвода тепла) расширение сжатого газа. При расширении сжатого газа температура его значительно понижается, так как внешняя работа в этом случае совершается за счет внутренней энергии газа. На этом принципе основана работа воздушных холодильных машин.

Охлаждение путем расширения сжатого газа, в частности воздуха, отлично от всех способов охлаждения. Воздух при этом не меняет своего агрегатного состояния, как лед, смеси и хладон, он только нагревается, воспринимая теплоту окружающей среды (от охлаждаемого тела).

Широкое применение машинного охлаждения в торговле объясняется рядом его эксплуатационных свойств и экономических преимуществ. Стабильный и легко регулируемый температурный режим, автоматическое действие холодильной

машины без больших затрат труда на техническое обслуживание, лучшие санитарно-гигиенические условия хранения продуктов, компактность и общая экономичность определяют целесообразность применения машинного охлаждения.

На предприятиях оптовой и розничной торговли используют в основном паровые холодильные машины, действие которых основано на кипении при низких температурах специальных рабочих веществ – хладагентов. Паровые холодильные машины подразделяют на компрессионные, в которых пары хладагента подвергаются сжатию в компрессоре с затратой механической энергии, и абсорбционные, в которых пары хладагента поглощаются абсорбентом.

Компрессионная холодильная машина состоит из следующих основных узлов: испарителя, компрессора, конденсатора, ресивера, фильтра, терморегулирующего вентиля. Автоматическое действие машины обеспечивается терморегулирующим вентилем и регулятором давления. К вспомогательным аппаратам, способствующим повышению экономичности и надежности работы машины, относятся: ресивер, фильтр, теплообменник, осушитель. Машина приводится в действие электродвигателем.

Цикл Карно.² Циклом Карно называется цикл тепловой машины, которая связана только с двумя тепловыми резервуарами: нагревателем и холодильником. Цикл Карно состоит из двух равновесных изотермических процессов и двух равновесных адиабатических процессов. В качестве рабочего тела используется идеальный газ. Тепловую машину, работающую по циклу Карно, называют машиной Карно, или идеальной тепловой машиной.

² Николя Леонар Сади Карно (1796-1832). Французский физик и инженер, один из создателей термодинамики. Ввел понятия кругового и обратимого процессов, идеального цикла тепловых машин. Показал преимущество применения в паровых машинах пара высокого давления и его многократного расширения, сформулировал принцип работы газовых тепловых машин. Пришел к понятию механического эквивалента теплоты.

Список использованной литературы

1. Быстрицкий Г.Ф. Основы теплотехники и энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учебник для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 305 с.
2. Луканин П.В., Морозов Г.А. Низкотемпературные процессы и установки: учебное пособие. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 135 с.
3. Малинина О.С., Малышев А.А., Низкотемпературные системы. Введение и инновационные направления развития. – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 56 с.
4. Правила классификации и постройки морских судов: нормативно-технический документ. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, - 2018.
5. Правила технической эксплуатации холодильных установок на судах рыбопромыслового флота РФ 2022 год. Последняя редакция. М. – 80 с.