

**МДК.02.01. Управление ремонтом холодильного оборудования
(по отраслям) и контроль за ним**

**Тема 1.1: Методы диагностирования и контроль технического состояния
холодильного оборудования**

План

1. Методы дефектоскопии деталей.
2. Метод технических измерений.
3. Методы упрочнения деталей
4. Диагностирование по анализу масла.
5. Контроль работоспособности холодильного оборудования и средств автоматики.
6. Ручной и механизированный инструмент, применяемый для ремонта холодильных установок

1. Методы дефектоскопии деталей.

Диагностирование технического состояния (сокращенно - диагностирование) оборудования АХУ должно проводиться путем выполнения комплекса научно-технических мероприятий (по неразрушающему контролю, анализу прочности, исследованию коррозионного состояния и др.) и определения по их результатам соответствия (или несоответствия) оборудования требованиям действующей нормативной документации и ресурса его дальнейшей безопасной эксплуатации.

Визуальный контроль и измерения деталей не позволяют выявлять достаточно малые или расположенные под поверхностью скрытые дефекты, но их можно обнаружить методами неразрушающего контроля (дефектоскопии).

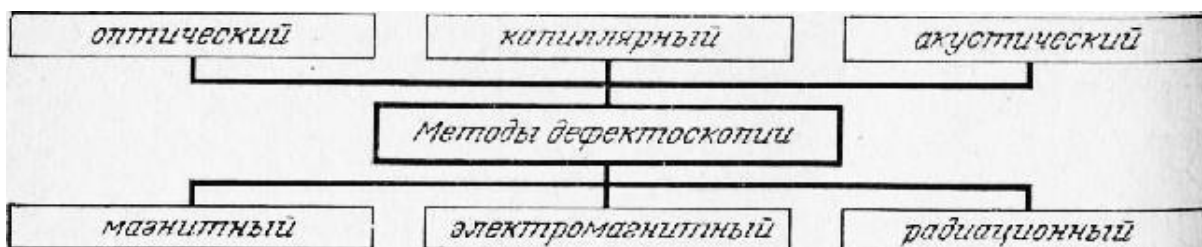


Рисунок 1 - Методы дефектоскопии

Неразрушающий контроль деталей в последнее время повсеместно распространен в производстве машин и значительно меньше — при их эксплуатации. Широкое внедрение в портах наиболее эффективных и в то же время достаточно простых и дешевых методов контроля связано с необходимостью создания службы контроля, обеспеченной хорошо обученным и технически грамотным персоналом и необходимым диагностическим оборудованием.

При выборе того или иного метода контроля следует исходить из того факта, что универсального метода не существует, а следовательно, и возможности методов ограничены поиском определенных по характеру и месту положения дефектов. Знание характера изнашивания, влияющего на возможное расположение или вид дефекта, а также достаточное разнообразие способов контроля позволяют сделать необходимый выбор

Оптический метод позволяет без разборки конструкции контролировать состояние

поверхностей деталей в закрытых и труднодоступных местах. Метод основан на круговом или боковом обзоре контролируемой зоны при автономном освещении и увеличении изображения от 0,5 до 150. Приборы для контроля, называемые эндоскопами, позволяют передавать изображение на расстоянии до 7 м. Эндоскопы позволяют обнаруживать в деталях с внутренним диаметром 5—100 мм и более царапины, трещины, коррозионные повреждения и другие дефекты размерами до 0,03—0,08 мм.

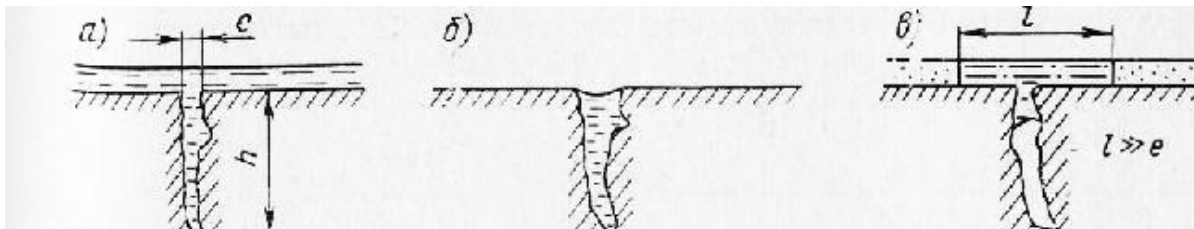


Рис. 2. Схема капиллярного метода

Капиллярный метод основан на капиллярном проникновении жидкости в трещины и контрасте применяемых материалов. Метод позволяет выявлять открытые трещины сварочного, термического, шлифовочного, усталостного и другого происхождения с размером раскрытия e более 0,001 мм, глубиной h — 0,01 мм и длиной L — 0,1 мм, а также пористость и другие подобные дефекты.

Метод заключается в следующем: на поверхность детали наносят индикаторную жидкость, которая под действием капиллярных сил заполняет имеющиеся на поверхности полости. Поверхность тщательно протирают и покрывают проявляющим составом. Индикаторная жидкость из полости дефекта адсорбируется в проявляющий состав, образуя индикаторный след, по ширине значительно превышающей раскрытые трещины e . Контрастность изображения следа обеспечивается благодаря яркости цвета индикаторной жидкости (цветной метод) или ее способности люминисцировать при облучении ультрафиолетовыми лучами (люминисцентный метод). Технология контроля включает подготовку поверхности (очистку, обезжиривание), нанесение индикаторного и проявляющего составов и осмотр детали. При осмотре поверхности анализируют образовавшийся рисунок следов, идентифицируя их видовую принадлежность.

Акустический метод основан на способности звуковых волн отражаться от границ плотности материала. Падая на поверхность детали, волна Φ частично отражается от ее поверхности, частично распространяется внутрь материала. При этом количество отраженной энергии тем больше, чем выше разница между акустическими сопротивлениями I и II сред. Если I среда — воздух, а II — металл, отразится вся подведенная энергия.

Применение **ультразвукового контроля** наиболее эффективно для выявления усталостных и сварочных трещин в металлоконструкциях кранов, грейферов и т. п.

Магнитный метод основан на регистрации магнитных полей рассеяния, образующихся над дефектами, расположенными на пути магнитного потока Φ_m . Напряженность поля рассеяния зависит от ориентации дефекта в магнитном потоке и его расположения относительно поверхности. В связи с этим при контроле магнитным методом надежно выявляют в изделиях из ферромагнитных материалов дефекты, носящие характер несплошностей, выходящие на поверхность либо расположенные на глубине не более 1 мм.

2. Метод технических измерений.

Метод измерений. Метод основан на измерении детали (или зазора в узле) до и после определенного периода эксплуатации. При этом определяют величины зазоров в сопряжениях, отклонений фактических размеров от первоначальных, отклонений от правильной геометрической формы, отклонений расположения поверхности.

В качестве измерительного инструмента при определении степени износа используют универсальный (штангенциркули, микрометры, рычажные и индикаторные скобы, индикаторные нутромеры, щупы и др.) и жесткий предельный инструмент (пробки для контроля отверстий, скобы для контроля валов и др.).

Для выявления ряда отклонений отдельных деталей (погнутости и скручивания шатунов, биения и погнутости валов и др.) используют специальные приборы и приспособления.

Точность измерений обычно составляет 0,01—0,001 мм.

Измерения разделяют также на статические методы измерения (значения физической величины не зависят от времени) и динамические (значения физической величины изменяются со временем), однократные и многократные, равноточные (погрешности каждого результата измерения из совокупности одинаковы), неравноточные.

Прямое измерение – это измерение, при котором значение измеряемой величины определяется непосредственно по результатам измерения (например, измерение линейкой, штангенциркулем).

Косвенное измерение – это измерение, при котором искомое значение величины определяется пересчетом результата прямого измерения, связанное с искомым результатом известной зависимостью.

Контактное измерение – это метод, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения (например, измерение индикатором, контроль температуры термометром).

Бесконтактное измерение — это метод, основанный на том, что чувствительный элемент прибора не приводится в контакт с объектом измерения (например, измерение элементов резьбы на микроскопе, измерение температуры пирометром).

3. Методы упрочнения деталей

Большинство деталей машин работают в условиях изнашивания, кавитации, циклических нагрузок, коррозии при криогенных или высоких температурах, при которых максимальные напряжения возникают в поверхностных слоях металла, где сосредоточены основные концентраторы напряжения. Газотермическое напыление, наплавка, химико-термическая обработка повышают твердость, кавитационную и коррозионную стойкость и, создавая на поверхности благоприятные остаточные напряжения сжатия, увеличивают надежность и долговечность деталей машин. Кроме того увеличить прочность и сопротивление усталости можно созданием соответствующих композиций сплавов и технологии обработки. При сохранении достаточно высокой пластичности, вязкости и трещиностойкости данные методы повышают надежность и долговечность машин и снижает расход металла на их изготовление вследствие уменьшения сечения деталей.

Существует значительное количество технологических способов упрочнения элементов машин. Их можно представить в виде четырех групп технологических процессов:

- термическая обработка (объемная закалка, поверхностная закалка);
- химико-термическая обработка (цементация, нитроцементация, алитирование, хромирование, борирование, силицирование, сульфидирование);
- пластическое деформирование (дробеструйная обработка, центробежно-шариковый наклеп, обкатка роликами, чеканка);
- термомеханическая обработка (высокотемпературная термомеханическая обработка, низкотемпературная термомеханическая обработка).

Из всех перечисленных способов наиболее распространена для углеродистых сталей объемная закалка, обеспечивающая общее упрочнение деталей.

Для снижения усталостных отказов целесообразно упрочнению подвергнуть неглубокий поверхностный слой материала деталей, а сердцевину оставить вязкой, обеспечивающей высокую несущую способность при знакопеременной или ударной

нагрузке. Это условие выполняется при поверхностной закалке и химикотермической обработке. Процессы металлизации, связанные с насыщением поверхностного слоя стали, значительно повышают работоспособность деталей. Они, как правило, повышают предел выносливости и особенно обеспечивают повышение износостойкости (хромирование и борирование), жаропрочности (алитирование), коррозионной стойкости (силицирование). Насыщение поверхностей сопряжения серой (сульфидирование) значительно снижает коэффициент трению.

При пластическом деформировании происходит наклеп поверхностного слоя, улучшается его структура, повышается твердость и чистота поверхности, что способствует повышению циклической долговечности отдельных деталей в 3 и более раза. Термомеханическая обработка (ТМО) обеспечивает улучшение характеристик пластичности, пределов текучести и прочности сталей.

4. Диагностирование по анализу масла.

Техническая диагностика на основе анализа проб смазочного масла находит широкое применение при оценке работоспособности компрессорного оборудования, используемого при транспортировании природного газа: поршневых ГПА, центробежных электроприводных ГПА, например, типа СТД-4000. Параметры технического состояния определяют без остановки и разборки машины.

При техническом диагностировании машин и агрегатов по *анализу проб смазочного масла* последовательно выполняют:

- периодический отбор проб масла из работающих ГПА, их регистрацию и отправку в лабораторию;
- лабораторный количественный анализ масла на химические элементы, характеризующие изнашивание деталей;
- интерпретацию результатов анализа и выдачу заключения о состоянии узлов агрегата.

Анализируется содержание в масле железа, меди, олова, свинца, марганца и других элементов. Диапазон концентраций химических элементов — индикаторов износа составляет всего лишь $10^{-4} \dots 10^{-8} \%$ поэтому для определения концентрации элементов используют специальные *методы тонкого анализа* проб. Краткая характеристика некоторых из них приведена в *табл. 1.1*

Элементами-индикаторами для газокompрессоров, например, являются:

- железо, марганец* — характеризуют изнашивание деталей цилиндропоршневой группы, основным материалом для которых являются чугуны;
- медь, олово* — характеризуют изнашивание кривошипно-шатунного механизма, вкладышей подшипников (материалы—баббиты Б83, БН), бронзовых втулок (БрАЖ9-4, БрО10Ф1).

Пробы масла отбирают через 300...400 ч работы. Масса пробы 30...50 г.

Таблица 1.1 - Методы определения концентрации продуктов изнашивания в отработанном масле

Метод	Используемый принцип	Используемые приборы
Эмиссионный спектральный анализ (ЭСА)	По интенсивности линий видимой части спектра, возбуждаемого нагревом пробы масла плазмой	Спектрографы ДФС-10, ИСП-22, ИСП-28 (30) или фотоэлектрические установки МФС-2, МФС-3
Нейтронно-активационный анализ (НАА)	По изменению наведенной активности пробы масла в зависимости от концентрации продуктов изнашивания (элемента-индикатора)	Спектрографическая радиометрическая аппаратура

Радиоактивных изотопов	По увеличению активности масла за счет загрязнения его радиоактивными элементами, которыми активирована изнашиваемая поверхность	Специальная радиометрическая аппаратура
Колориметрический (определение концентрации железа в масле)	По изменению цвета окраски раствора озоленной пробы масла в кислоте в зависимости от концентрации железа	Фотоколориметры ФЭК-М, ФЭКН-57, ФЭК-51 и др.
Магнитный (определение концентрации железа в масле)	По изменению магнитной восприимчивости пробы масла в зависимости от количества ферромагнитных продуктов изнашивания стальных и чугунных деталей	Постоянный магнит, аналитические весы (при использовании способа взвешивания проб в магнитном поле)

Увеличение концентрации меди и железа более чем в 3 раза по сравнению с предельно допустимой было вызвано ненормальной работой пары коленчатый вал — подшипник скольжения, что привело к появлению задиров на сопряженных поверхностях. После ремонта была обеспечена нормальная работа машины.

Применение метода позволило увеличить время эксплуатации ГПА до среднего ремонта с 8000 ч (по нормативам) до 11 000 ч.

Метод дает возможность:

- учитывать индивидуальное состояние машины или агрегата для полного использования эксплуатационного ресурса, заложенного в машине, что позволит удлинить межремонтные сроки и повысить качество проведения ремонта;

- заблаговременно информировать персонал об интенсивности изнашивания, превышающей допустимую, и предупреждать аварийные ситуации;

- контролировать качество ремонтных работ, уменьшать расход запасных частей, затраты времени и труда.

Известно применение метода анализа проб масла при планово-профилактическом обслуживании поршневых компрессорных установок для транспортирования природного газа с приводом от газовых ДВС мощностью 75 кВт и выше. В частности предлагаются меры:

- по уменьшению температуры масла — объединение масляных охладителей с системой охлаждения двигателя;

- по уменьшению загрязнения масла — проверка и очистка всасывающих фильтров каждые 6 месяцев, замена масляных фильтров каждые 4...12 недель. Рекомендуется заменять масло в картерах двигателей один раз в год.

Отмечается, что программа технической диагностики позволяет увеличить срок службы, снизить простои и эксплуатационные затраты.

Анализ проб масла и дисперсный анализ продуктов изнашивания показал наличие трех характерных периодов эксплуатации электроприводных ГПА:

- 1) период приработки с высокой изнашиваемостью поверхностей трения;
- 2) период установившегося изнашивания с низкой изнашиваемостью;
- 3) период интенсивного изнашивания с повышенной изнашиваемостью за счет вибрации и динамических нагрузок при увеличенных зазорах между сопряженными деталями.

Для элементного анализа продуктов изнашивания, накапливающихся в масле, используют эмиссионные плазменные анализаторы, дисперсный анализ проводят на анализаторах, например, типа ФС-112. Метод позволяет дифференцированно подходить к

остановкам ГПА на ремонт и делать это только в период интенсивного изнашивания, так как пуски и остановки отрицательно сказываются на работе пар трения из-за нарушения условий аэродинамической смазки, что приводит к интенсивному изнашиванию вкладышей подшипников. Наиболее опасными являются аварийные остановки ГПА при перебоях электроснабжения.

5. Контроль работоспособности холодильного оборудования и средств автоматики.

Любое оборудование требует постоянного ухода так и контроля правильной работы для своевременного выявления неисправностей. Т.к. лучше всего неисправность выявить на раннем этапе, чем потом производить дорогостоящий ремонт который потребует определённого времени и вынужденного простоя, а это уже убытки для компании. Обслуживание обеспечивает должное техническое состояние и работоспособность холодильного оборудования, увеличивает его срок эксплуатации без поломок.

Сервисное обслуживание промышленных холодильников включает в себя следующие виды работ:

- диагностика технического состояния оборудования;
- контроль отсутствия внешних повреждений на узлах и агрегатах, проверка надежности креплений;
- проверка отсутствия и устранение вибрации оборудования;
- контроль надёжности крепления холодильных агрегатов, вентиляторов, датчиков температуры, термобаллонов ТРВ, холодильных трубопроводов, протяжка крепежа агрегатов и воздухоохладителей;
- проверка параметров работы и настройка оборудования в соответствии с паспортными техническими требованиями;
- проверка системы на герметичность;
- проверка электрических цепей на целостность, подтягивание и зачистка контактов;
- проверка целостности изоляции электропроводки;
- проверка срабатывания приборов автоматического контроля и защиты и их регулировка;
- контроль и настройка температурного режима и др.

Регулярное наблюдение, своевременное устранение неполадок и периодическая проверка работоспособности приборов — необходимые условия надежной работы систем автоматики. Приборы и средства автоматики проверяют перед их установкой и в процессе эксплуатации. Измерительные и автоматические приборы проверяют в мастерской, оборудованной соответствующими стендами и оснащенной набором контрольных приборов.

Измерительные средства позволяют проверить все приборы холодильной техники, применяемые на автоматизированных холодильных установках. Предварительную проверку измерительных и автоматических приборов проводят следующим образом. Рабочие жидкостные термометры и реле температуры устанавливают в термостаты. Показания (настройки) их сравнивают с показаниями контрольных ртутных термометров (поправки к шкалам рабочих термометров учитывают при их эксплуатации). Термометры сопротивления проверяют определением их омического сопротивления при 0 °С. Для этого их помещают в резиновом чехле в тающий снег. Сопротивление медных термометров (градуировки 23) при 0 °С должно составлять 53 Ом. Манометры и реле давления (перепада давления) проверяют на образцовом поршневом манометре типа МП-60.

6. Ручной и механизированный инструмент, применяемый для ремонта холодильных установок

Разборку и сборку компрессоров, вспомогательных механизмов и их узлов в ремонтных цехах выполняют на специальных стендах и кантователях, позволяющих придавать механизму положение, наиболее удобное для выполнения необходимых операций. Отвинчивание и завинчивание гаек, шпилек и других резьбовых деталей осуществляются с применением электрических и пневматических гайковёртов.

Для разъединения и соединения деталей, имеющих прессовые посадки, используются винтовые и гидравлические съёмники, а также прессы реечные, винтовые, гидравлические, пневматические и эксцентриковые. Съёмники (рис. 3) — переносные приспособления для снятия с валов в ручную шкивов, зубчатых колес и других деталей при разборке машины на узлы, а также выпрессовки втулок из массивных корпусных деталей. Прессы — стационарное оборудование, используемое преимущественно для разборки и сборки узлов.

При разборке прессовых соединений съёмником или прессом применяют подкладки, оправки и выколотки из мягких металлов (латуни, меди, алюминия). Молотки используют также с наконечниками из мягких материалов. Это предохраняет детали от повреждений.

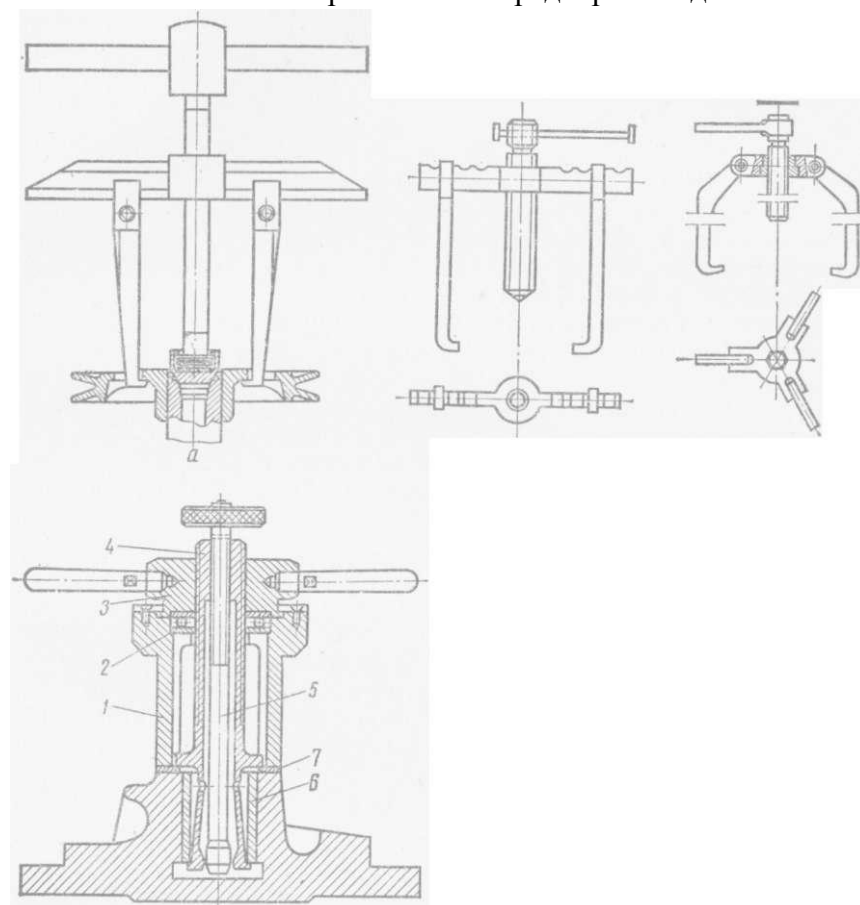


Рисунок 3 - Съёмники

а, б — двухлапчатые; *в* — трехлапчатый (для снятия шкивов большого диаметра); *г* — для выпрессовки втулок: *1* — корпус; *2* — упорный шарикоподшипник; *3* — гайка силовая с рукоятками; *4* — силовой винт с цангами; *5* — шпindel с конусом для разведения цанг; *6* — втулка, подлежащая выпрессовке; *7* — упорное кольцо.

Список рекомендованных источников

1. Игнатьев В.Г., Самойлов А.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования. — М.: Агропромиздат, 1986. — 232 с.

Составить опорный конспект.

