Р.С. Тимохов, О.М. Тимохова, Е.Г. Хитров

Дефектация деталей лесных машин

учебно-методическое пособие

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ухтинский государственный технический университет»
«Санкт-Петербургский лесотехнический университет им. С.М. Кирова»

Р.С. Тимохов, О.М. Тимохова, Е.Г. Хитров

ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

Учебно-методическое пособие

Сетевое научное издание

© Р.С. Тимохов, О.М. Тимохова,
Е.Г. Хитров, 2021

© Ухтинский государственный
технический университет, 2021

© Санкт-Петербургский лесотехнический
университет им. С.М. Кирова

© ИД «Академия Естествознания»

© АНО «Академия Естествознания»
ISBN 978-5-91327-690-2

Москва
2021

УДК 630*36-77

ББК 43.90я7

Т41

Рецензенты:

Свойкин В.Ф. — заведующий кафедрой «Технологические, транспортные машины и оборудование» Сыктывкарского лесного института (филиала ФГБОУВО «Санкт-Петербургский лесотехнический университет им. С.М. Кирова», доцент, к.т.н.;

Долгополов А.А. — главный инженер ООО «Ремонтник».

Т41

Тимохов Р.С.

Дефектация деталей лесных машин [Текст]: учебно-методическое пособие / Р.С. Тимохов, О.М. Тимохова, Е.Г. Хитров. — М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2021. — 61 с.

ISBN 978-5-91327-690-2

DOI 10.17513/пр.466

В пособии рассмотрены основные способы и последовательность выполнения дефектации деталей лесных машин. Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ студентами очной и заочной форм обучения направлений подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 35.03.02 Технология лесозаготовительных деревоперерабатывающих производств.

ISBN 978-5-91327-690-2

© Р.С. Тимохов, О.М. Тимохова,

Е.Г. Хитров, 2021

© Ухтинский государственный
технический университет, 2021

© Санкт-Петербургский лесотехнический
университет им. С.М. Кирова

© ИД «Академия Естествознания»

© АНО «Академия Естествознания»

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1.1. Организационно-методические указания

В ходе выполнения лабораторных работ студенты закрепляют и углубляют теоретические знания и получают практические навыки: по пользованию измерительным инструментом, приборами и оборудованием при дефектации деталей и сборочных единиц, выборе способов восстановления и последующей обработке изношенных поверхностей деталей, разработке технологических операций с подбором технологического оборудования и оснастки расчетом режимов и установлению технически обоснованных норм времени, пользованию справочно-нормативной документацией по ремонту автомобилей, приобретают новые сведения необходимые для выполнения курсовой работы по дисциплине «Ремонт лесозаготовительных машин», выпускной квалификационной работы и в последующей практической деятельности.

Выполнение лабораторных работ требует самостоятельности и высокой творческой активности студентов. При этом необходимое внимание должно уделяться вопросам качества, производительности труда, экономии трудовых и материальных затрат.

Для выполнения работ учебную группу разбивают на подгруппы (3-4 человека). Занятия проходят по расписанию в 3-х отдельных лабораториях, и проводятся одновременно двумя преподавателями и учебным мастером. Перед выполнением лабораторной работы, студенты получают методические указания, и исходные данные составляют предварительный полу-отчет по последовательности выполнения на подгруппу, выполняют расчёты по работе и реализуют на рабочих местах в присутствии учебного мастера. После этого выполняется окончательно отчет по лабораторной работе. Защита лабораторных работ производится в конце занятий или на консультации. Организация подготовительных работ и защита производится в аудитории, указанной в расписании занятий.

На первом инструктивно-методическом занятии продолжительность по два академических часа студентам сообщают перечень и содержание работ по предмету, проводят инструктаж по технике безопасности в лаборатории, знакомят с документацией и организацией рабочих мест

графиком выполнения работ. После проведения инструктажа по технике безопасности.

1.2. Подготовка к выполнению лабораторных работ

Прежде чем приступить к выполнению работы, студент должен изучить ее содержание по данному практикуму, после чего преподаватель путем опроса проверяет готовность студента к работе. Особое внимание при этом обращается на знание студентами правил техники безопасности.

Первый инструктаж по технике безопасности проводится общим для всей группы ведущими преподавателями и учебным мастером. После чего студенты расписываются в контрольном листе о правилах по технике безопасности в лаборатории. Второй инструктаж студенты получают непосредственно перед выполнением, по месту конкретной работы.

Требования по технике безопасности по конкретной работе изложены по тексту данной работы. Предварительной подготовкой к лабораторным работам студенты занимаются дома. При домашней подготовке необходимо изучить содержание работы по практикуму, повторить теоретический материал, в бланк формы занести исходные данные, расчетные формулы и т.д.

При отсутствии подготовительной работы студенты не допускаются к её выполнению.

1.3. Отчёт о выполнении лабораторной работы

О выполнении работы подгруппа студентов предъявляет преподавателю отчет, оформленный в соответствии с данным практикумом. После защиты результатов работы и оценки ее качества преподавателем студенты зачет по данной работе. Повторная защита работы производится в соответствии с расписанием консультаций преподавателя.

Содержание и форма отчетов по лабораторным работам максимально приближены к производственно-технологическим документам (единая система технологической документации – «ЕСТД»).

1.4. План проведения лабораторных работ

Структура проведения лабораторных занятий по времени может быть следующей, в *минутах*:

- организационная часть (проверка присутствующих и др.)... 3;
- проверка готовности студентов к лабораторной работе (опрос, тестовый контроль знаний) ... 10;
- проверка комплектности рабочих мест... 5;

-
- отработка исходных данных, проектирование операций, расчеты, выполнение схем, эскизов ... 20;
 - изучение органов управления станка (прибора) и правил техники безопасности 7;
 - выполнение технологической (расчетной) операции...35;
 - организационно-техническое обслуживание рабочего места и защита результатов работы ...10;

В зависимости от конкретных условий могут быть приняты и другие организационно-методические решения лабораторных занятий.

1.5. Проведение по оснащению рабочих мест

1.5.1. Помещение, оборудование, оснастка. Материальная база для проведения лабораторных работ размещена в 3-х помещениях площадью (105.м²). Помещение лабораторий соответствуют требованиям СН и П для производственно-технической базы АТП и СТОА. Комплект оснащения рабочего места приведён каждой лабораторной работы.

Для каждой подгруппы студентов предусмотрены два рабочих места: учебное – для оформления документов, выполнения расчетов, работы с литературой; специализированное – для выполнения технологической операции.

Рабочие места на станках, верстаках и столах цифрами обозначены соответствующими номерами проводимых на них лабораторных работ.

Комплект документов и наглядных пособий для проведения

1.5.2. Документация лабораторной работы может включать в себя следующее:

- методические указания по выполнению работы (приводятся в настоящем практикуме);
- выписки из ТУ на капитальный ремонт автомобилей (технические требования на дефектацию, сборку, комплектование, ремонт и т.д.);
- чертежи дефектуемых и ремонтируемых деталей;
- справочную информацию (режимы резания, наплавки, операционные эскизы, нормативы времени, характеристики режущего инструмента, схемы управления станком, основные данные, необходимые для дефектации и комплектования деталей, и т.д.);
- описи комплектности рабочего места;
- правила техники безопасности.

1.5.3. Техника безопасности и противопожарные меры.

В отделении ремонтных работ все станки являются источниками повышенной опасности. Во избежание несчастных случаев при выполнении лабораторных работ необходимо строго соблюдать правила тех-

ники безопасности и пожарной безопасности. К лабораторным работам студенты допускаются только после усвоения ими указанных правил, что подтверждается росписью студента в контрольном листе. Средствами пожаротушения лаборатория должна быть обеспечена по установленным нормам. В лаборатории должна быть также аптечка с медикаментами, необходимыми для оказания первой помощи при несчастных случаях.

Вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте проводит преподаватель и учебный мастер. Инструкция по технике безопасности согласуется с профсоюзным комитетом и утверждается руководством университета. Все контрольные листы по ТБ фиксируются в специальном журнале лаборатории.

ДЕФЕКТОВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Цель работ — закрепление и развитие знания, способов, средств и технологии дефектации деталей, приобретения практических навыков определения дефектов и их сочетаний, использования средств контроля и руководства по капитальному ремонту автомобилей, уяснения характера работ, выполняемых дефектовщиком.

Содержание работ: подготовка исходных данных для дефектации деталей; определение технического состояния деталей; сортировка деталей по результатам контроля; назначение способа ремонта и содержания операций по подефектной технологии; оформление отчета о результатах работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ДЕФЕКТАЦИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель работы: закрепить полученные знания о способах, средствах и технике дефектации деталей; приобрести практические навыки определения дефектов и способов их устранения.

Задачи работы: определить дефекты коленчатого вала, указать способы их устранения, отнести деталь к годным, негодным или требующим ремонта.

Конструктивно-технологическая характеристика детали:

Коленчатый вал является одной из важнейших деталей двигателя. Их изготавливают из сталей 45, 50 ГОСТ 1050-74, стали 50Г и др., а так же высокопрочного чугуна ВЧ 50–165 ГОСТ 7293-70. Коренные и шатунные шейки коленчатого вала подвергают закалке ТВЧ (токами высокой частоты) на глубину 2,5...4,5 мм.

Требования к точности размеров: в пределах квалитетов 4-5 (для шеек валов) и квалитетов 6-7 для остальных конструктивных элементов. Отклонения форм и расположения не должны выходить за пределы поля допуска 5го квалитета. Отклонения радиуса кривошипа не должны превышать значения $+0,05$ мм. Шероховатость поверхности шеек не грубее $Ra = 0,32$ мКм. Коленчатые валы должны быть динамически сбалансированы.

Вид и характер дефектов. Способы их устранения:

После разборки, очистки и мойки коленчатого вала определяется его техническое состояние наружным осмотром, использованием магнитного или люминесцентного дефектоскопа и различного мерительного инструмента.

Выбраковываются коленчатые валы при наличии трещин на щеках, изломов на щеках, трещин на шейках и др.

Одним из основных дефектов коленчатого вала является износ шатунных и коренных шеек. Специфический характер нагрузки на коленчатый вал вызывает неравномерный износ коренных и шатунных шеек, как по длине, так и по сечению: появляются, так называемые, конусность и овальность. Если произвести замеры шейки по схеме, рисунок 1.1, то график износа имеет вид, рисунок 1.2.

Рисунок 1.1 — Схема измерения коренной и шатунной шейки коленчатого вала

Рисунок 1.2 — График износа шатунных шеек коленчатого вала

Такой износ происходит из-за действия центробежных сил, переменной нагрузки, наклонного расположения масляных каналов в шейках вала, несимметричной конструкции шатунов др.

Износы шатунных шеек больше, чем коренных, что объясняется их более тяжелыми условиями работы.

Износ шатунных и коренных шеек в пределах ремонтных размеров устраняют перешлифовкой на специальном станке (например, 3423). Все коренные и шатунные шейки должны иметь одинаковый ремонтный размер. Перед шлифованием на 3-й ремонтный размер шейки коленчатых валов должны проверяться на твердость. При недостаточной твердости их рекомендуется закалять токами высокой частоты.

Шейки валов, вышедших за пределы ремонтного размера, восстанавливают наплавкой или гальванопокрытием.

Кроме того, в процессе эксплуатации и разработки двигателя возникают следующие дефекты:

- а) увеличение длины передней коренной шейки, задиры или риски на упорной поверхности;
- б) повреждение фасок центровых отверстий коленчатого вала;
- в) износ или повреждение отверстий под болты крепления маховика;
- г) биение торцевой поверхности фланца и износ его по диаметру;
- д) износ шейки под шестерню и ступицу шкива;
- е) износ или повреждение шпоночных пазов под распределительную шестерню и ступицу шкива коленчатого вала;
- ж) износ отверстий под подшипник ведущего вала коробки передач;
- з) прогиб коленчатого вала;
- и) повреждение или срыв резьбы в отверстиях масляных полостей и в отверстиях под храповик;
- к) скопление продуктов износа и нагара в масляных полостях шатунных шеек.

Увеличение длины передней коренной шейки компенсируют установкой упорных шайб ремонтного размера. Коленчатые валы (дет. 130–1005011–Б) двигателей ЗИЛ–130 при длине передней шейки 32,64 мм и более выбраковываются.

Задира и риски на упорной поверхности устраняют обработкой на шлифовальном станке.

Незначительные повреждения фасок центровых отверстий устраняют вручную шабером. Значительные повреждения фасок устраняют на токарном станке.

Изношенные отверстия под болты крепления маховиков восстанавливают развертыванием их в сборе с маховиком под ремонтный размер.

Биение торцевой поверхности фланца и износ его по диаметру может устраняться соответственно подрезкой торца на токарном станке и накатыванием, хромированием или наплавкой наружной поверхности фланца с последующей механической обработкой.

При небольшом износе шпоночных канавок под шкив и шестерню (не более 0,2 мм) производят зачистку шабером и подгонку шпонок увеличенного размера. Если износ более 0,2 мм, то пазы фрезеруют под ремонтные размеры (двигатели типа СМД) или восстанавливают наплавкой с последующим фрезерованием канавок под номинальные размеры.

Изношенные отверстия под подшипник ведущего вала коробки передач восстанавливают постановкой ДРД (дополнительной ремонтной детали), наплавкой в CO_2 или электронатирированием.

Прогиб коленчатого вала устраняют правкой его на гидравлическом прессе на призмах.

При повреждении резьбы в отверстиях менее двух ниток ее прогоняют под этот же размер. При срыве резьбы более двух ниток нарезают резьбу ремонтного размера (двигатели типа СМД) или ставят ввертыш (двигатели типа ЯМЗ).

Скопившиеся продукты износа и нагара в масляных полостях шатунных шеек удаляют промывкой водным раствором каустической соды, нагретым до 80°C и металлическими ершами. После очистки полостей их рекомендуется промыть и осушить сжатым воздухом.

После ремонта коленчатые валы должны подвергаться динамической балансировки на специальном станке. Величина дисбаланса для коленчатых валов двигателей СМД-1И, А-01 – 41 гсм; ЯМЗ-236 – 50 гсм; ЗИЛ-130 – 30 гсм; ГАЗ-53 – 15 гсм.

Определение ремонтных размеров шатунных и коренных шеек:

Для установления ремонтного размера коренных или шатунных шеек необходимо все шейки измерить микрометром рычажным по схеме, рисунок 1.3.

Первый ремонтный размер можно определить по формуле:

$$d_p = d_H - 2 \cdot (\beta \cdot I + Z), \quad (1.1)$$

где d_p – первый ремонтный размер вала, мм;

d_H – размер вала по рабочему чертежу, мм;

$I_{\max}$ – максимальный износ поверхности детали на сторону, мм;

Z – припуск на механическую обработку на сторону, мм.

Рисунок 1.3 – Схема замера шеек коленчатого вала

Рисунок 1.4 – Определение ремонтных размеров

Определить величину неравномерного одностороннего износа можно только одноконтakтным мерительным прибором (индикатор и т.п.). Так как на производстве измерения производят чаще всего двухконтakтным мерительным инструментом (микрометр и т.п.), то максимальный износ поверхности детали на сторону можно определить по формуле:

$$I_{\max} = \beta \cdot I, \quad (1.2)$$

где β – коэффициент неравномерности износа. Для коренных и шатунных шеек коленчатого вала принимают $\beta = 0,6$;

I – двухсторонний износ детали, мм.

Двухсторонний износ детали определяется по формуле:

$$I = d_H - d_z, \quad (1.3)$$

где d_z – размер измеренной шейки, мм.

Если выразить $I_{\max}$ через коэффициент неравномерности износа, то формула (1) примет вид:

$$d_{Pi} = d_H - 2 \cdot (\beta \cdot I + Z). \quad (1.4)$$

Величина $2 \cdot (\beta \cdot H + Z) = \gamma$ называется межремонтным интервалом. Следовательно, расчетные формулы для определения ремонтных размеров можно представить в следующем виде:

$$d_{P_1} = d_H - \lambda$$

$$d_{P_1} = d_H - 2\lambda$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots$$

$$d_{P_1} = d_H - n\lambda$$

где n — число ремонтных размеров.

Число ремонтных размеров определяют по формуле:

$$n = \frac{d_H - d_{пред}}{\gamma}, \quad (1.5)$$

где $N_{пред}$ — предельный ремонтный размер, допустимый из условий прочности, мм.

Припуск на шлифование коренных и шатунных шеек рассчитывается по формуле:

$$2Z = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_i^2}), \quad (1.6)$$

где $R_{Z_{i-1}}$ — высота поверхностных неровностей, мм. Определяется измерением с эталонной шероховатостью. ($R_Z = 0,05$ мм);

T_{i-1} — глубина поврежденного слоя, м. Учитывается только при наличии цветов побежалости или следов коррозии ($T_{i-1} = 0,04$ мм);

ρ_{i-1} — пространственные отклонения, мм. Учитывается прогиб вала ($\rho_{i-1} = 0,05$ мм);

ϵ_i — погрешность установки детали на станок, мм. ($\epsilon_i = 0,05$ мм).
Определив припуск для шейки вала, можно определить ближайший ремонтный размер по формуле:

$$d_p \leq d_3 - 2 \cdot Z_{min}, \quad (1.7)$$

где d_p — наибольший размер, который может быть получен после шлифования шейки, мм;

d_3 — размер шейки, измеренный до шлифования, мм.

Сравнивая диаметр шейки d_p со значениями ремонтных размеров, определяют фактический припуск на шлифование, который может быть равен расчетному Z_{min} или больше расчетного.

Оборудование и оснастка рабочего места:

- установочная плита. Установочные призмы;
- микрометр рычажный МР-75 ГОСТ 4381-80 или скоба рычажная СР-75 ГОСТ 11089-75;
- микрометр МК-75-0,01 ГОСТ 6507-78;
- штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 ГОСТ 166-80;
- штангенрейсмус ШР-400-0,05 ГОСТ 164-80;
- штангенглубиномер ШГ-160 ГОСТ 162-80;
- индикатор часового типа ИЧ-10 ГОСТ 577-68;
- штатив Ш-П-М-8 ГОСТ 10197-70 или стойка С-1У-8-40 ГОСТ 10197-70;
- микрометрический глубиномер;
- нутромер индикаторный;
- шаблон;
- пробка.

Последовательность выполнения работы:

1. Ознакомиться с организацией рабочего места и проверить его комплектность.

2. Изучить конструктивно-технологическую характеристику детали, условия работы, возможные дефекты, способы их определения и устранения.

3. Определить техническое состояние коленного вала:

3.1. Осмотреть коленчатый вал и установить наличие обломов. Рисок, трещин, задиров, выработок и других видимых дефектов;

3.2. Проверить состояние фасок центральных отверстий, резьбы под храповик и масляных полостей;

3.3. Измерить длину первой коренной шейки. Замер вести микрометрическим глубиномером в двух местах под углом 180° ;

3.4. Определить погиб вала. Величина прогиба вала равна половине его биения. Радиальное биение определяется по средней (относительно крайних) шейке. Для этого стержень индикаторной головки упирают в среднюю коренную шейку. Обеспечив натяг, поворачивают коленчатый вал, пока стрелка не займет одно из крайних положений. Затем поворачивают вал на 180° и определяют новое положение стрелки. Разность между двумя показаниями и определит биение вала;

3.5. Произвести измерение биения торцевой поверхности фланца;

3.6. Микрометром рычажным произвести измерения шатунных и коренных шеек по схеме, рисунок 3.

3.7. Определить величину двухстороннего износа по формуле (2.3);

3.8. Определить овальность $A_{\text{ов}}$ и конусность $A_{\text{шпн}}$ по формулам:

$$\Delta_{\text{ов}} = \frac{(d_{A-A} - d_{B-B})}{2}, \quad (1.8)$$

$$\Delta_{\text{кон}} = \frac{(d_{I-I} - d_{II-II})}{2}, \quad (1.9)$$

где d_{A-A} , d_{B-B} , d_{I-I} , d_{II-II} – диаметры шейки в плоскостях $A-A$ и $B-B$ и в плоскостях $I-I$ и $II-II$, рисунок 2.3;

3.9. По шатунной и коренной шейкам имеющим наибольшие величины износа, определить ремонтные размеры. Для одноименных шеек разные ремонтные размеры не допускаются;

3.10. Определить величину радиуса кривошипа по формуле:

$$R_{KP} = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{2}, \quad (1.10)$$

где R_{KP} – радиус кривошипа, мм;

a_1 и a_2 – расстояние от шатунной шейки до опорной поверхности, мм.

3.11. Определить износ фланца по диаметру;

3.12. Шаблонами произвести измерения шпоночных пазов под распределительную шестерню и ступицу шкива коленчатого вала;

3.13. Нутромером индикаторным произвести измерения отверстий под подшипник ведущего вала коробки перемены передач;

3.14. Проверить, есть ли в масляных полостях скопления продуктов износа и нагар.

4. Используя технические условия на контроль-сортировку и полученные результаты, сделать заключения о годности детали без ремонта, или требует ремонта, или деталь не годна к дальнейшей эксплуатации.

Контрольные вопросы:

1. Из каких материалов изготавливают коленчатые валы автотракторных двигателей?

2. Какими способами восстанавливают изношенное отверстие под подшипник вала коробки перемены передач?

3. По каким дефектам коленчатые валы выбраковываются?

4. Причины, приводящие к овальности и конусности шеек коленчатых валов?

5. Какие шейки имеют больший износ, коренные или шатунные, и почему?

6. Перед шлифованием какого ремонтного размера шеек следует проверять их на твердость?

7. Укажите способы устранения износов коренных и шатунных шеек двигателей?

8. Укажите способы восстановления изношенных отверстий под болты крепления маховика, изношенных шпоночных пазов?

9. Укажите способы устранения биения торцевой поверхности фланца и износ его по диаметру, повреждение резьбы в отверстиях менее 2-х ниток и срыв резьбы более 2-х ниток?

10. Как устраняют прогиб коленчатого вала и удаляют скопившиеся продукты износа и нагара в полостях шатунных шеек?

11. Укажите величину дисбаланса для коленчатых валов двигателей СМД-1М, А-01, ЯМЗ-236, ЗИЛ-130, КаМАЗ и др.

12. По какой формуле определяют:

а) первый ремонтный размер через максимальную величину износа или коэффициент неравномерности износа?

б) коэффициент неравномерности износа?

в) двухсторонний износ детали?

г) $n-i$ ремонтный размер?

д) число ремонтных размеров?

е) припуск на шлифование коренных и шатунных шеек?

ж) ближайший ремонтный размер?

з) овальность и конусность?

и) радиуса кривошипа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ДЕФЕКТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ И ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА ИХ КУЛАЧКОВ

Конструктивно-технологическая характеристика детали:

Распределительный вал двигателя является одной из ответственных деталей. От состояния основных рабочих поверхностей вала определяется работа двигателя в целом. Основными дефектами распредвалов двигателя являются:

- износ опорных шеек распредвала;
- износ кулачков по высоте;
- изменение профиля кулачка;
- изгиб вала.

Все перечисленные дефекты распредвала вызывают стуки в клапанном механизме, уменьшение мощности двигателя, а увеличение зазоров в подшипниках вызывает, кроме того, падение давления масла в системе смазки. Работа клапанно-распределительного механизма теоретически оценивается по параметру, называемому «время сечения» и характеризуется площадью, ограниченной кривой изменения высоты подъема клапана по времени.

На рисунке 2.1 приведены кривые изменения площади клапанно-распределительного механизма. Заштрихованные зоны: нижняя характеризует уменьшение площади в результате износа кулачка по профилю.

Рисунок 2.1 — Изменение площади «время-сечение» при износе клапанно-распределительного механизма

Уменьшение «время-сечения» клапана в результате износа указанных сопряженных деталей приводит к уменьшению времени наполнения цилиндров и падению мощности двигателя.

Восстановление до нормальных размеров высоты подъема клапана проводится путем перешлифовки кулачка по всему профилю обосновывается тем, что, если снять с кулачка одинаковый (по отношению к неизношенному кулачку) слой металла кругом, то величина подъема клапана и моменты открытия и закрытия клапана не изменяется. Потребуются лишь довести зазор между клапаном и толкателем до нормальной величины (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 — Кулачок распредвала, перешлифованный под ремонтный размер с сохранением профиля

Конструктивные размеры и технические условия на изготовление и ремонт распределительного вала автомобиля ЗИЛ-130 выдаются преподавателем.

Цель работы:

1. Изучить возможные виды дефектов распредвала по тех. условиям на контроль-сортировку и установить имеющиеся дефекты на контролируемом вале;
2. Изучить характер и величины износа кулачков распредвала;
3. Приобрести навыки в использовании специальными приспособлениями и инструментами для замеров кулачков вала.

Содержание работы:

1. Внешний осмотр распредвала;

2. Замер всех кулачковой в 2-х поясах с определением износов кулачковой по высоте;

3. Определение прогиба распредвала;

4. Замер опорных шеек распредвала;

5. Построение профиля кулачка одного.

Оборудование, приборы, инструменты:

1. Верстак для установки распредвала;

2. Приспособление для замеров элементов кулачка;

3. Инструменты:

а) микрометры 25-50, 50-75 мм;

б) индикатор со стойкой точностью 0,01 мм;

в) шабер трехгранный;

4. Тех.условия на контроль-сортировку деталей при капитальном ремонте.

Объекты исследования:

Распредвалы двигателей: ГАЗ-51, ЗИЛ-130, М-21, ЯМЗ-236 (ЯМЗ-238) и др.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести наружный осмотр распредвала и результаты осмотра записать в бланк отчета.

2. Наружным осмотром устанавливаются следующие дефекты валов:

а) отколы на шейках, шестерне и кулачках;

б) трещины разного размера и расположения;

в) местные износы, задиры и риски;

г) срыв и забитость резьбы, износы повреждения шпоночного паза и т.д. Замерами устанавливаются:

а) износы опорных шеек;

б) износы кулачков по высоте;

в) износы кулачков;

г) прогиб вала.

3. Произвести настройку измерительного инструмента.

4. Произвести замеры в объеме, предусмотренном настоящим руководством.

5. По результатам наружного осмотра и измерений распредвала в соответствии с тех. условиями на контроль-сортировку отнести к одной из 3-х категорий: а) годны,

б) не годны, в) требуют ремонта.

6. Результаты замера занести в бланк отчета и построить кривую подъема толкателя по новому и измененному кулачку.

7. Оформить отчет, сделав заключение по работе.

8. Сдать рабочее место лаборанту.

9. Отчитаться по работе преподавателю.

Определение ремонтного размера шеек распредвала:

Ремонтный размер:

$$D_p = D_s - Z,$$

где D_p – ближайший искомый ремонтный размер шейки вала, мм;

D_s – измеренный диаметр шейки вала, мм;

Z – припуск на обработку (на диаметр).

Припуск на шлифование:

$$Z = Z_{\Delta} + 2f + 2Z_h + \delta_b,$$

где Z_{Δ} – припуск, учитывающий неравномерность износа шеек,

$Z_{\Delta} = 0,06$ мм;

f – прогиб вала, не поддающийся правке (допускаемый по ТУ, $f = 0,05$ мм);

Z_h – припуск, учитывающий глубину рисок на шейках (глубина поврежденного слоя $Z_h = 0,08$ мм);

δ_b – погрешность базирования и закрепления вала при шлифовании ($\delta_b = 0,02$ мм).

Указания по выполнению работы:

1. Определение износа опорных шеек.

Для определения износа опорных шеек вала необходимо каждую шейку вала измерить в 2-х плоскостях 1-1 (1-й пояс) и 2-2 (2-й пояс), отстоящих от краев опорных шеек на 5 мм (рисунок 2.36).

В каждом поясе опорные шейки измеряют в 2-х взаимно-перпендикулярных плоскостях А-А, параллельной плоскости шпоночной канавки и плоскости В-В, перпендикулярной плоскости, проходящей через шпоночную канавку.

При измерении шеек распредвал должен быть установлен на призмах или в центрах.

2. Определение износов кулачков по высоте.

Для определения износов кулачком по высоте необходимо:

а) каждый кулачок измерить в 2-х плоскостях (рисунок 2.3а);

б) сопоставить полученные результаты замеров высоты с номинальной высотой нового кулачка и определить величину износа кулачков по высоте.

в) дать заключение о возможности дальнейшей работы кулачков распредвала без ремонта, исходя из допустимой величины износа по тех. условиям или назначить способ восстановления кулачков до номинальной величины.

Рисунок 2.3 – Схема замеров кулачков распредвалов

3. Определение прогиба вала.

Для определения прогиба вала распредвал устанавливают в центре:

а) к средней шейке (при симметричном расположении вала) поочередно подвести измерительный стержень индикаторной головки,

б) установить стержень индикаторной головки в положение, при котором малая стрелка дает отклонение 1–2 мм и подвести нуль подвижной шкалы к большой стрелке,

в) произвести ориентировку распредвала по кулачку, подлежащему замеру относительно измерительного устройства,

г) установить кулачок в положение максимального подъема, которое определяется небольшим показанием стрелки при поворотах кулачкового вала,

д) повернуть вал в любую сторону на 90° и стрелку индикатора установить на нуль,

е) вращая вал, зафиксировать по показаниям индикатора высоту подъема кулачка, через каждые 10° угла поворота. Максимальный подъем кулачка должен соответствовать углу поворота 90° от начала отсчета,

ж) по данным замеров и табличным данным (для нового кулачка см. плакат) построить кривые подъема кулачка (нового и измененного).

Рисунок 2.4 – Кривые подъема нового и изношенного кулачка

Наибольшее биение средних опорных шеек	мм;
Наибольший износ опорных шеек	мм;
Наибольшая овальность опорных шеек	мм;
Наибольший износ кулачков впускного	мм;
выпускного	мм.

Заключение студента о степени износа распредвала (брак, годен, требует ремонта по такому-то способу):

- а) по результатам внешнего осмотра;
- б) по результатам измерений.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные конструктивные элементы распределительного вала и его дефекты?
2. Какие параметры характеризуют состояние опорных шеек и кулачков распределительного вала?
3. Как определить наибольший размер шейки по которому назначается категория ремонтного размера?
4. Как проверить распределительный вал на прогиб?
5. В какой последовательности устанавливается микрометр на «0»?
6. Как проверить профиль куличка распределительного вала?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

ДЕФЕКТАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Цель работы — закрепление и развитие значения, способов, средств и техники дефектации подшипников качения, приобретение практических навыков определения дефектов и их сочетания, использование средств контроля и руководства по капитальному ремонту автомобилей, уяснение характера работ, выполняемых дефектовщиком.

Содержание работы:

- подготовка исходных данных для дефектации;
- определение технического состояния подшипников;
- сортировка подшипников по результатам контроля;
- определение условий монтажа и демонтажа подшипников;
- оформление отчета о результатах отчета.

Оборудование, приборы, инструменты:

Лабораторный стол.

- прибор для проверки радиального зазора.
- лупа 4-кратного увеличения.
- штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05 (ГОСТ 166-80)
- микрометры МК-25-50-75 (ГОСТ 6507-78)
- нутрометр Н4-18-50 (ГОСТ 868-82)

Общие сведения:

Подшипники, применяемые в опорах машин и механизмов, делятся на два типа: скольжения и качения. В опорах с подшипниками скольжения взаимно подвижные рабочие поверхности вала и подшипника разделены только смазочным веществом, и вращение вала или корпуса происходит в условиях чистого скольжения. В опорах с подшипниками качения между взаимно подвижными кольцами находятся шарики или ролики, и вращение вала или корпуса происходит в основном в условиях качения.

При одинаковой грузоподъемности подшипники качения имеют (по сравнению подшипниками скольжения) преимущества: вследствие меньшего трения в момент пуска и при умеренных частотах вращения — меньшие осевые силы (примерно в 2-3 раза); относительной простоты обслуживания и подачи смазки; низкой стоимости (особенно при массовом производстве подшипников качения малых и средних габаритов); малая амплитуда колебания; небольшое сопротивление вращения в процессе работы механизма.

Кроме того, при использовании подшипников качения в значительной степени удовлетворяется требование взаимозаменяемости и унификации элементов узла (при выходе подшипников качения из строя его легко заменить новым).

Недостатки подшипников качения заключаются в относительно больших габаритах и достаточно большом сопротивлении вращению при работе на высоких частотах вращения, по сравнению с подшипниками скольжения, работающими в условиях жидкой смазки, когда поверхности шейки вала и вкладыша разделены тонким слоем смазывающей жидкости. Поэтому при создании высокоскоростных машин иногда приходится прибегать к установке подшипников скольжения, работающих в условиях жидкой смазки, несмотря на значительные трудности в эксплуатации. Кроме того, в ряде случаев, подшипники качения обладают меньшей жесткостью, так как не могут вызывать вибрацию вала вследствие ритмичного прокатывания тел качения через нагруженную зону опоры.

К недостаткам опор на подшипниках качения можно отнести и более сложный их монтаж по сравнению с опорами на подшипниках скольжения разъемного типа.

Классификация подшипников:

Подшипники качения различают:

- по направлению воспринимаемой нагрузки относительно оси;
- радиальные, радиально-упорные, упорно-радиальные и упорные;
- по форме элементов качения — шариковые и роликовые, причем ролики могут быть цилиндрическими (короткими, длинными, игольчатыми), коническими, бочкообразными и витыми;
- по способу монтажа — устанавливаемые непосредственно на шейке вала и устанавливаемые на шейке вала с помощью закрепительной втулки;
- по способности самоустанавливаться при неточном выполнении расточек или при перекосе вала — самоустанавливающиеся и несамоустанавливающиеся;
- по конструктивным признакам — с цилиндрическим или конусным отверстием внутреннего кольца, одинарные или двойные, сдвоенные, строенные, счетверенные и т.п.

В зависимости от отношений основных размеров, подшипники делятся на следующие серии: особо легкие, легкие, тяжелые и широкие.

Долговечность подшипников зависит от правильного выбора посадок и монтажа подшипниковых узлов. Поля допусков подшипников в зависимости от вида нагружения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Поля допусков подшипников в зависимости от вида нагружения

Нагружение колец	Поля допусков (по ГОСТ 25347-82)	
	вала под внутреннее кольцо	отверстие корпуса под наружное кольцо
Радиальные подшипники		
Местное	h5; h6; js5; js6; g6; b6	H6; H7; H8; Js7; G7
Циркуляционное	n5; n6; m5; m6; k5; k6; js5; js6	K6; K7; M6; M7; N6; N7; P7
Колебательное	js5; js6	Js6; Js7
Радиально-упорные подшипники		
Циркуляционное	n6; m6; k6; js6; h6; g6	N7; M7; K7; Js7; P7; H7

Примечание:

1. Для упорных подшипников шариковых и роликовых всех типов следует применять поле допусков для валов.

2. При выборе посадок подшипников узлов для конкретных изделий следует руководствоваться ГОСТ 3526-87.

Неправильно выбранные посадки, перекосы при монтаже, повреждения и загрязнения при сборке могут вызвать преждевременный выход подшипника из строя.

Материал деталей подшипников:

Кольца и тела качения подшипников изготавливаются в основном из сталей марок ШХ15, ШХ15СГ (ГОСТ 801-78) и марок ШХ20СТ, 15ХГТ и 20Х22Н4А (по специальности техническим условиям).

Кроме того, для особых условий эксплуатации детали подшипников изготавливают из коррозионностойких, жаропрочных и других марок сталей.

Твердость колец и тел качения у подшипников, работающих при температуре до 100°С следующая:

61-65... для ШХ-15 и 18 ХГТ;

60-64... для ШХ 20 СТ;

60-64... для ШХ 15 СГ;

58-65... для 20Х2 Н 4А.

Неоднородность кольца по твердости — не более 3 единиц.

Для изготовления штампованных стальных сепараторов применяют стальную холоднокатаную ленту и листовую качественную углеродистую конструкционную сталь. Массивные сепараторы изготавливают из лату-

ни, бронзовых и алюминиевых сплавов, магниевого чугуна, текстолита, а также из специальных сталей.

Условия обозначения подшипников:

Система основных обозначений предусмотрена ГОСТ 3189-78.

Условными обозначениями характеризуется:

а) диаметр вала в месте посадки подшипника (внутренний диаметр подшипника или втулки);

б) серия подшипника, т.е. один из установленных стандартами нормальных рядов подшипников, отмечающихся по наружному диаметру и ширине при одинаковой конструкции и одинаковых диаметрах отверстий;

в) тип подшипника, т.е. совокупность признаков, определяющих его основные свойства (направление воспринимаемой нагрузки и формы поверхностей тел качения);

г) конструктивные особенности подшипника;

д) точность подшипника.

В пределах диаметра от 20 до 495 мм внутренние диаметры подшипников определяются умножением двух правых цифр на 5. Для подшипников с внутренним диаметром от 10 до 20 мм это правило не действует.

Примеры:

00-d = 10 мм;

01-d = 12 мм;

02-d = 15 мм;

03-d = 17 мм.

Для подшипников у которых третья цифра справа равна 9, то правило так же не действует. Пример: подшипник помер 910 имеет внутренний диаметр 48 мм, а не 550 мм.

Серия подшипников определяется третьей и седьмой цифрой справа. При этом на третьем месте цифрой указывается серия подшипника по диаметру наружной поверхности:

8 и 9 — сверхлегкая;

1 и 7 — особо легкая;

2 и 5 — легкая;

3 и 6 — легкая;

4 — тяжелая;

7 и 8 — неопределенная;

9 — ненормальные диаметры;

10 — малогабаритные.

Тип подшипника указывается четвертой цифрой справа:

0 — шариковые радиально (60206);

- 1 – шариковый сферический (1610);
- 2 – радиальный с короткими роликами (2206);
- 3 – роликовый сферический;
- 4 – радиальный с длинными роликами или игольчатый (954720);
- 5 – радиальный с витыми роликами (985713);
- 6 – шариковый радиально-упорный (26216);
- 7 – роликовый конический (7312);
- 8 – шариковый упорный (8206);
- 9 – роликовый упорный.

Конструктивные особенности подшипника указывается цифрой на пятом месте справа или двумя цифрами на 5 и 6 местах:

- 1 – внутреннее кольцо высоким бортом;
- 4 – одно кольцо наружное разрезное;
- 5 – на наружном кольце имеются канавка для установки стопорной шайбы;
- 6 – наличие защитной шайбы;
- 7 – наличие канавки для ввода шариков;
- 8 – внутреннее кольцо, увеличенное по высоте;
- 9 – внутреннее кольцо однобортное.

Серия подшипника по ширине указывается цифрой на седьмом месте справа:

- 7 и 0 – узкая;
- 1 и 0 – нормальная;
- 2 и 0 – широкая;
- 3, 4, 5 и 6 – особо широкая;
- 0 – особо узкая;
- 8 – особо узкая;
- 9 – низкая;
- 7 – особо низкая;

Дополнительные условные обозначения подшипника проставляются слева и справа от основного обозначения и характеризуют специальные условные изготовления данного подшипника. Дополнительные обозначения слева от основного характеризуют класс точности, радиальные зазоры или осевую игру подшипника.

Примеры:

6-212 – подшипник шариковый радиальный однородный, легкой серии (212), класса точности 6.

5-2210 – подшипник роликовый радиальный однорядный с короткими цилиндрическими роликами (2210) класса точности 5.

2-6-307 — подшипник шариковый радиальный однородный (307) класса точности 6 с радиальным зазором по ряду 2.

0-2216 — подшипник роликовый с короткими цилиндрическими роликами (2216) класса точности 0 с радиальным зазором по ряду 3.

1-02097732 — подшипник роликовый конический двухрядный (2097732) класса точности 0 с радиальным зазором по дополнительному ряду 1.

3614 — подшипник роликовый сферический двухрядный (3614) класса точности 0 с радиальным зазором по основному ряду.

Подшипникам с радиальным зазором по основному ряду, или с осевой игрой по нормальному ряду дополнительные обозначения не присваиваются.

Подшипники с малыми зазорами и специальными допускаемыми отклонениями размеров посадочных поверхностей обозначаются буквами НТ. Например НТ209.

Подшипники специального применения с малыми зазорами и уже-сточенными допусками на габаритные размеры обозначаются НЧ. Например НЧ 309.

Дополнительные обозначения применяются справа от основного обозначения, характеризуют изменение металла или конструкции детали, специальные технические требования, предъявляемые к подшипникам:

Б — сепаратор из безоловянистой бронзы;

Г — сепаратор массивный из черных металлов;

Д — сепаратор из алюминиевых сплавов;

Л — сепаратор из латуни;

Е — сепаратор из пластических материалов (текстолита и др.);

Р — детали из теплоустойчивой стали;

С1, С2, С3, С4 и т.п. — подшипники с двумя защитными шайбами, заполненные специальной смазкой;

Т, Т1, Т2, Т3 и т.д. — специальные требования к температуре отпуска детали по твердости и механическим свойствам цифра Т обозначает температуру отпуска колеи (200, 225, 250, 300 С);

У — специальные требования к чистоте обработки, радиальному зазору и осевой игре;

Х — детали из цементируемой стали Ш — специальные требования к шуму;

Э — детали из стали ШХ со специальными присадками (ванадий, кобальт и др.);

Ю — детали из нержавеющей стали;

Я — кольца или тела качения из пластмассы, керамики и т.д.

Вид и характер дефектов:

Условия работы подшипника зависят от типа и места установки. В общем случае, условия работы определяются воздействием сил трения, коррозии, температуры, вибрации и переменной по величине многократной контактной нагрузки.

В процессе работы у подшипников возникают износы, механические и коррозионные повреждения тел качения, рабочих и посадочных поверхностей, увеличиваются зазоры и неравномерность вращения, трещины и сколы наружных и внутренних колец подшипника. Большинство подшипников (75%) выбраковываются из-за увеличения зазоров выше предельных значений, из-за износа посадочных поверхностей — 21%. Повреждения рабочих поверхностей дорожек и тел вращения встречаются у 11 % подшипников, а поломки у 9%.

Проверка подшипников качения перед монтажом:

Перед сборкой подшипники должны быть очищены от защитной смазки и грязи и посторонних частиц. Для этого их тщательно 2-3 раза промывают в 6 %-ном растворе минерального масла, бензине или в горячих (70-75°C) антикоррозионных водных растворах. Доля снятия статического заряда рекомендуется добавлять в бензин антистатическое вещество — сигбол. Для очистки мелких подшипников применяют ультразвуковой способ. После промывки подшипник проверяют на легкость вращения и шум. Для этого удерживают за внутреннее кольцо, в горизонтальном положении вращая наружное кольцо. Вращение должно быть легким и плавным.

При внешнем осмотре проверяются видимые дефекты, а именно: на рабочих поверхностях подшипника не допускаются темные пятна или раковины, забоины, вмятины, глубокие риски или царапины, выкрашивание, шелушение, трещины и сколы.

На монтажных поверхностях допускаются: выработка не более 60 % рабочей поверхности на одном торце кольца (в пределах допуска на его ширину); следы зачистки мелких забоин и ржавчины; единичные грубые шлифовальные риски; единичные мелкие токарные риски; охватывающие 2/3 окружности кольца, длиной каждая не более 1/2 окружности; пучок мелких токарных рисок общей шириной не более 1/2 ширины кольца и длиной не более 1/2 окружности; чернота размером не более 10 % площади шлифовальной поверхности; ожоги, видимые без травления. Нельзя применять подшипники, имеющие коррозию и видимые на поверхности колец и тел качения ожоги, трещины, забоины, вмятины, чрезмерное провисание сепаратора, деформированные сепараторы, а так же сепаратор с дефектной сваркой клепкой.

Зазор между кольцами и телами качения в подшипники до посадки его на рабочее место называется начальным радиальным зазором и измеряется на специальном приборе, а их величины приведены в таблице 2.

Номинальный диаметр подшипника по отверстию определяется по условному обозначению подшипника, а действительный размер измеряется штангенциркулем. Если действительные значения параметров подшипником вышли за пределы допустимых (таблица 4.2), то такие подшипники выбраковываются.

Таблица 3.2

Значения параметров подшипником

Интервал номинальных диаметров, мм	Нижнее допустимое отклонение,		
	d_m	D_m	B
Свыше 18 до 30	-10	-9	-120
Свыше 30 до 50	-12	-11	-120
Свыше 50 до 80	-15	-13	-150
Свыше 80 до 120	-20	-15	-200
Свыше 120 до 150	-25	-18	-250

Параметры подшипников обозначаются следующим образом:

d — диаметр отверстия внутреннего кольца;

D — диаметр наружной поверхности наружного кольца;

B — ширина колец подшипников;

d_m, D_m — средний диаметр внутреннего и наружного колец.

$$d_m = (d_{\max} + d_{\min}) / 2$$

$$D_m = (D_{\max} + D_{\min}) / 2$$

где $D_{\max}, d_{\max}$ — наибольшие;

$D_{\min}, d_{\min}$ — наименьшие значения диаметра, полученные при измерении.

Регулировка зазора в подшипниках:

Работа подшипника в узле машин зависит от наличия в нем оптимального зазора между кольцами и телами качения.

В подшипниках радиальных типах (нерегулируемых) различают три вида радиальных зазоров:

— начальный зазор — зазор в свободном подшипнике до его посадки на рабочее место;

– посадочный зазор – зазор в подшипнике после посадки его на вал и в корпус узла машин;

– посадочный зазор всегда меньше начального зазора вследствие изменения диаметров колец подшипников из-за посадочных натягов;

– рабочий зазор – зазор в подшипнике в его рабочем состоянии, т.е. под рабочей нагрузкой при установившемся температурном режиме.

У подшипников регулируемых типов необходимые зазоры (осевая игра) устанавливаются в процессе монтажа в узле механизма при этом у радиально-упорных подшипников осевая игра может иметь как положительное значение, так и отрицательное при так называемом предварительном натяге. Имеющийся в шариковых радиально-упорных подшипниках повышенный начальный радиальный зазор обеспечивает возможность получения необходимого углового контакта между шариками и дорожками качения колец. Нормирование начальных радиальных зазоров, от которых в значительной мере зависят величины рабочих зазоров подшипников, имеет целью обеспечить радиальное распределение действующей на подшипник нагрузки между телами качения; необходимое при работе смещение вала (или корпуса) в радиальном и осевом направлениях в пределах зазора в подшипнике; уменьшение вибрации и шума при работе подшипника. Величины осевой игры подшипников приведены в таблицах 4, 5.

При несоблюдении величины осевой игры расчетная долговечность подшипников не гарантируется.

Величина осевой игры ряда 1 распространяется на подшипники, установленные по два в одной опоре.

Величины осевой игры ряда 2 распространяются на подшипники, установленные по одному в опоре.

Регулирование осевого зазора в радиально-упорных подшипниках (шарикоподшипниках), конических роликоподшипниках обеспечивается при монтаже путем осевого смещения одного кольца относительно другого. Это достигается установкой прокладок под крышку подшипника применением подшлифованных колец или с помощью регулировочных винтов и гаек.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с организацией рабочего места и проверить его комплектность;

2. Изучить конструктивно-технологическую характеристику подшипников качения и дефекты;

3. Изучить оборудование и оснастку;

4. Подготовить подшипники к дефектации;
5. Определить состояние подшипников визуально;
6. Проверить подшипники на шум и легкость вращения;
7. Измерить радиальный зазор в подшипниках. Зазор определяют при трех положениях кольца через 120° . Наибольшее из полученных за цикл измерений записать в отчет;
8. Отметить посадочные поверхности колец. При этом измерить D , d и B в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Рассчитать D_m , d_m и B_m ;
9. Дать анализ полученных результатов;
10. Составить отчет и защитить его у преподавателя.

Содержание отчета:

1. Название работы;
2. Содержание задания и необходимое оборудование и инструмент;
3. Результаты измерений и расчетов;
4. Вывод.

Контрольные вопросы:

1. Как расшифровываются условные обозначения подшипников качения?
2. Назовите типы подшипников качения и их детали.
3. Какие материалы применяются при изготовлении деталей подшипников качения?
4. Какие основные дефекты подшипников качения и причины их возникновения?
5. Как определить радиальный зазор подшипников качения и как он влияет на работу механизма?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ МАГНИТО-ПРАШКОВОГО КОНТРОЛЯ

Цель работы: получить практические навыки выявления дефектов в деталях методом магнитопорошкового контроля.

Задачи: изучить основы магнитопорошкового контроля. Составить и реализовать технологический процесс магнитопорошкового контроля конкретной детали.

Последовательность выполнения работы:

- изучить краткие сведения о теоретических основах и последовательность построения технологического процесса магнитопорошкового метода контроля детали;

- ознакомиться с организацией рабочего места контроля и с устройством магнитного дефектоскопа;

- получить деталь для контроля, выполнить в отчете эскиз детали с габаритными размерами, размеры контролируемых участков занести в операционную карту;

- составить последовательность выполнения работ контроля и занести в операционную карту контроля;

- выбрать способ намагничивания в зависимости от материала детали, ее размеров и предположительного нахождения дефектов, определить режимы и намагнитить деталь. Результаты занести в соответствующие графы операционной карты;

- нанести порошковую суспензию на деталь, данные по составу суспензии занести в операционную карту;

- выявить дефекты на детали и сделать заключение;

- выбрать способ размагничивания, режимы и размагнитить деталь.

Результаты занести в соответствующие графы операционной карты;

- проверить степень размагниченности;

- убрать рабочее место;

- оформить отчет.

Оборудование рабочего места:

- детали, подлежащие контролю;

- магнитный дефектоскоп ГСП МД-50П с комплектом принадлежностей;

- ванна для обработки деталей;
- информационная документация (плакаты).

Краткие сведения о магнитопорошковом методе контроля деталей:

Магнитные методы контроля основаны на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами или на определении магнитных свойств контролируемых изделий. Магнитные методы контроля в соответствии с ГОСТ 18353-73 классифицируют по способам регистрации магнитных полей рассеяния и определения магнитных свойств контролируемых изделий.

Магнитопорошковый метод является одним из самых распространенных методов обнаружения дефектов типа нарушения сплошности металла. Метод имеет следующие преимущества: высокую чувствительность, простоту контроля и возможность проверки различных по форме и размерам деталей на одном и том же дефектоскопе, возможность контроля деталей, находящихся в конструкции, сравнительно высокую производительность контроля. Кроме обнаружения дефектов типа несплошностей металла (трещин, волосовин, закатов, флокенов и др.) магнитные методы позволяют решать задачи исследования структуры, определять качество термообработки деталей, наличие и количество остаточного аустенита, определять механические характеристики ферромагнитных сталей и чугунов по изменению магнитных характеристик, а также контролировать толщину цементированного или азотированного слоев и толщину слоя поверхностной закалики изделий.

Магнитопорошковый метод контроля применим только для контроля деталей из магнитных материалов.

Магнитопорошковый метод основан на обнаружении магнитных полей рассеяния над дефектами с помощью ферромагнитных частиц.

Магнитный поток в бездефектной части детали не меняет своего направления. Если же на пути магнитного потока встречаются участки с пониженной магнитной проницаемостью, например, дефекты в виде разрыва сплошности металла, то часть магнитных линий выходит из детали. Там, где они выходят из детали и входят в нее обратно, возникают местные магнитные полюса, и магнитное поле дефектом. После снятия намагничивающего поля магнитное поле над дефектом и местные полюса остаются из-за наличия остаточной индукции.

На характер и величину поля рассеяния над дефектом влияют переменные факторы: напряженность намагничивающего поля; магнитные

свойства металла; размер и форма контролируемого изделия; размер, форма, место расположение и направление на изделие дефекта. Задача магнитопорошковой дефектоскопии — создать магнитное поле над дефектом и по наличию магнитного поля рассеяния обнаружить дефект на изделии.

Для обнаружения магнитных полей над дефектами на контролируемые участки изделия наносят ферромагнитные частицы, которые находятся во взвешенном состоянии в жидкости — в воде, керосине, минеральном масле (мокрый метод) или на воздухе (сухой метод).

Так как магнитное поле над дефектом неоднородного, то на магнитные частицы, попавшие в это поле, действует сила, стремящаяся затянуть частицы в место наибольшей концентрации магнитных линий, т.е. к дефекту. В поле дефекта происходят следующие физические процессы:

- намагничивание ферромагнитных частиц и соединение их в цепочке с ориентацией по магнитным линиям поля дефекта;
- движение образовавшихся цепочных структур, а также отделенных частиц к месту расположения дефекта;
- накопление ферромагнитных частиц над дефектом.

Магнитный метод позволяет выявлять трещины с шириной раскрытия 0,001 мм, глубиной 0,01 мм и более.

Существуют следующие способы контроля (плакат):

- в приложенном магнитном поле;
- на остаточной намагниченности.

Контроль в приложенном магнитном поле менее чувствителен по сравнению с контролем на остаточной намагниченности. Контроль на остаточной намагниченности возможен при достаточно большой намагниченности деталей, изготовленных из магнитотвердых материалов. ($H_c = 800$ а/м).

Контроль на остаточной намагниченности имеет следующие преимущества перед контролем в приложенном магнитном поле:

- возможность установки детали в любое требуемое положение;
- возможность нанесения суспензии как путем полива, так и путем погружения одновременно нескольких деталей в ванну с суспензией;
- простоту расшифровки результатов контроля, меньшую возможность прожога деталей в местах их контакта с головками дефектоскопа, так как для остаточного намагничивания ток пропускают по детали кратковременно (0,01 — 1 с).

Виды дефектов в металлах:

Встречающиеся в металлах дефекты весьма разнообразны по характеру и происхождению.

Они могут быть:

- местными (различные нарушения сплошности); распределенными в ограниченных зонах (ликвационные скопления, зоны неполной закалки и коррозионного поражения, местный налет);

- равномерно распределенными по всему объему, внутри изделия или по всей поверхности (общее несоответствие химического состава, структуры, качества механической обработки и др.).

По своему происхождению дефекты связаны с различными стадиями технологии и возникают в процессе:

- плавления и литья (несоответствие химического состава, шлаковые загрязнения, усадочные раковины, газовые поры, горячие трещины и др.);

- пластической деформации (трещины, расслоения, флокены, волосовины);

- термической обработки (закалочные трещины, хрупкие слои в результате случайного поверхностного насыщения углеродом, азотом и т.д., грубозернистость и т.д.);

- механической обработки (следы грубой обработки, шлифовочные прижоги, трещины и др.);

- правки и монтажа (рихтовочные трещины, надирь, надрезы, риски, забоины);

- сварки (сварочные трещины, пары, шлаковые загрязнения);

- эксплуатации (усталостные трещины, механические повреждения, наклеп в местах сопряжения деталей, различные виды коррозии).

По расположению дефекты делятся на внутренние (глубинные и наружные), поверхностные и подповерхностные.

Краткое содержание технологического процесса дефектации магнитопорошковым методом и характеристика применяемого оборудования:

Технология контроля изделий магнитопорошковым методом должна включать следующие операции:

- подготовку изделия и оборудования к контролю;

- нанесение суспензии и контроль;

- размагничивание и контроль степени размагничивания.

Технологический процесс контроля оформляется в соответствии с требованием ГОСТ ЕСТД 3.15.02-85 на ведомости операций и операционной карте контроля.

При контроле способом приложенного магнитного поля операцию намагничивания, нанесение суспензии и основную часть осмотра выполняют одновременно.

От правильного выполнения всех технологических операций зависит чувствительность метода и надежность обнаружения дефектов.

Контроль деталей осуществляется на магнитном дефектоскопе ГСП МД-50П.

Дефектоскоп ГСП МД-50П предназначен для выявления поверхностных и неглубоко залегающих (на глубине 2-3 мм) поверхностных дефектов в ферромагнитных изделиях при их неразрушающем контроле магнитопорошковым методом. Дефектоскоп позволяет производить неразрушающий контроль ферромагнитных изделий различной формы при намагничивании их циркулярным магнитным полем, импульсным полем выпрямленного или переменного тока частотой 50 Гц; продольным полем электромагнита, соленоида или комбинированным полем (двумя взаимно-перпендикулярными полями).

Дефектоскоп обеспечивает размагничивание деталей после их контроля, путем автоматического реверса и снижения амплитуды выходных импульсов тока через гибкий кабель, электроконтакты или путем снижения величины переменного тока 50 Гц, протекающего через соленоид, электромагнит. Эффект убывания может быть также получен путем удаления источника магнитного поля или наоборот. Дефектоскоп может эксплуатироваться в цеховых, лабораторных и полевых условиях при температуре окружающей среды от -30°C до $+5^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до $95+3\%$ при температуре $+35^{\circ}\text{C}$. Максимальная величина тока импульсного намагничивания 5500А.

Дефектоскоп конструктивно выполнен в виде передвижной стойки с вмонтированными блоками, состоит из следующих узлов и устройств (рисунок 4.1):

- блока силового, в который входят: фазовый регулятор тока, силовой трансформатор, индуктивно-емкостной накопитель, разрядные тиристоры разрядного контура, выходной импульсный трансформатор ТР-3 и схема намагничивания переменным и выпрямленным током;
- блоком управления;
- блока измерения и сигнализации;
- блока соленоида и магнита;
- электроконтактов;
- гибких кабелей;
- электромагнита с универсальными полосными наконечниками;
- соленоида.

Рисунок 4.1 – Принципиальная схема дефектоскопа

Последовательность выполнения технологического процесса контроля детали:

- подготовка детали к контролю;
- для магнитопорошкового контроля деталей выполняют подготовительные работы. Места контактов изделия с контактными головками дефектоскопа или электрокарандашами обезжиривают растворителями (бензином или ацетоном) или защищают мелким наждачным полотном (М-28 ГОСТ 3647-71), чтобы предотвратить пригорание детали при намагничивании путем пропуска тока. Влагу с изделия удаляют обдувая его струей сухого воздуха. Удаление влаги необходимо, если изделие будет проверяться с применением керосиновой или масляной суспензией или магнитного порошка;
- для магнитопорошкового контроля деталей, бывших в эксплуатации или находящихся в конструкции машины выполняют, кроме указанных, дополнительные подготовительные работы;

– густой смазкой, ветошью, полиэтиленовой пленкой и т.д. Закрывают отверстия, через которые магнитная суспензия может затекать во внутренние полости. С контролируемой поверхности детали удаляют возможные загрязнения, продукты коррозии, нагар, остатки окислы и т.д.

Подготовка дефектоскопа к работе:

Для работы на магнитном дефектоскопе необходимо знать:

– эксплуатация дефектоскопа допускается после ознакомления с устройством и принципом действия дефектоскопа;

– при переключении режимов следует выводить регуляторы «Ток» в положение против часовой стрелки до упора и пользоваться кнопкой «Стоп»;

– не следует подавать импульсы тока на холостом ходу, т. е. с отключенной нагрузкой (кабель, электроконтакты);

– вначале подключается нагрузка (электроконтакты или гибкий кабель), затем нажимают кнопку «Пуск» и вводят регулятор «Ток»;

– для включения электроконтактов необходимо проделать следующие операции:

– подключить силовые кабели электроконтактов к соответствующим зажимам на передней панели дефектоскопа;

– соединить разъемы «Электроконтакт 1» и «Электроконтакт 2» электроконтактов с соответствующими разъемами на передней панели дефектоскопа;

– для включения электроконтактов необходимо вначале прижать их к контролируемому участку детали, и только после этого нажимают на кнопку «Пуск», расположенную на рукоятке одного из электроконтактов;

– на рукоятках электроконтактов расположены: регулятор тока «Ток», кнопка «Пуск», лампа сигнализатора прохождения тока «Ток», лампа измерителя амплитуды;

Кнопки «Стоп» механически связаны с наконечниками электроконтактов и срабатывают при нажатии на электроконтакты после установки их на контролируемую деталь.

– измеритель импульсов тока реагирует только на импульсы положительной полярности;

– подключение нагрузки к зажимам «Выпр. ток», и «Перем. ток» или « », « », « » следует производить только при выведенном регуляторе «Ток» или при отключенном дефектоскопе;

– в режимах выпрямленный, переменный или импульсный ток с частотой следования импульса более 4 Гц следует работать циклично, т.е. длительность рабочего цикла 2 мин. и пауза 3 мин.

Перед началом работы установите дефектоскоп на рабочем месте или по близости от него, подготовьте необходимые для работы токоподводящие элементы, сетевой кабель, приспособление для нанесения суспензии, устройство для осмотра и дефектовки изделий.

Выбор способа намагничивания и его осуществление:

Способы намагничивания выбираются в зависимости от:

- магнитных свойств материалов;
- геометрических размеров изделия;
- характера и направления распространения дефекта.

Способом приложенного магнитного поля контроль проводят в тех случаях, когда:

- деталь выполнена из магнитного материала, например из стали;
- деталь имеет сложную форму или малое изменение (отношение длины детали к ее диаметру), в следствии чего ее не удается намагнитить до требуемого значения индукции, чтобы проверять на остаточной намагниченности;
- деталь контролируют для обнаружения подповерхностных дефектов, расположенных над поверхностью на глубине более 0,01 мм или дефектов, скрытых под слоем немагнитного покрытия (например, слоя хрома) толщиной более 30-50 мкм;
- мощность дефектоскопа (источника питания) не позволяет намагнитить всю деталь в следствии ее больших размеров, например, для остаточного намагничивания детали по индукции В, необходима напряженность магнитного поля 16000 А/м, а в приложенном поле эта же индукция В достигается 4160 А/м, т.е. почти в 4 раза меньшей напряженности;

— проводят контроль небольших участков крупногабаритной детали с помощью переносных электромагнитов или электроконтактов.

Способ контроля на остаточной намагниченности применяют для проверки деталей из магнитотвердых материалов ($H_c > 800$ А/м).

Основные магнитные характеристики конструкционных сталей приведены в таблице 4.1.

Выбор способа намагничивания зависит от направления распространения дефектов по детали. Выбирают такой способ намагничивания, чтобы угол α между вектором напряженности магнитного поля и направлением распространения дефектов был близок к 90° , т.к. при этом достигается наибольшая чувствительность метода.

Чувствительность метода значительно ухудшается при углах $\alpha < 20...30^\circ$, а при $\alpha \approx 0$ практически нельзя обнаружить даже относительно крупные дефекты.

Если неизвестно направление распространения трещин, а также если деталь имеет сложную форму, то намагничивание проводят в двух или более направлениях, нанося суспензию и осматривая деталь после каждого намагничивания.

Для выявления различно ориентированных дефектов одной операцией намагничивания применяют комбинированное намагничивание.

Определение силы тока для намагничивания детали.

Ток для намагничивания деталей цилиндрической формы способом контроля на остаточной намагниченности рассчитывают по формуле:

$$J_H = \frac{H}{4 \cdot 80} \cdot D,$$

где H – напряженность поля, А/м (таблица 1);

D – диаметр детали, мм.

Для выявления большинства поверхностных дефектов на деталях из распространенных конструкционных сталей при контроле на остаточной намагниченности оптимальная напряженность магнитного поля у поверхности детали может составлять 800 – 16000 А/м. При $H = 8000$ А/м ток (А) рассчитывают по формуле:

$$J_H = 25 \cdot D,$$

где D – диаметр детали, мм.

Величину намагничивающего тока в зависимости от диаметра детали и требуемой напряженности магнитного тока можно определить по таблице 4.2.

Ток для намагничивания кольцевых изделий вычисляют по формуле:

$$J_H = \frac{H}{4 \cdot 80 \cdot n} \cdot D,$$

где n – число витков;

H – напряженность, А/м;

D – диаметр детали, мм;

Ток, необходимый для намагничивания пластин, определяют по формуле:

$$J_H = 0,002 \cdot H \cdot b,$$

где b – толщина пластины, мм;

$H = 8000$ А/м,

Тогда

$$J_H = 16b.$$

Ток для намагничивания изделий таврового, двутаврового, швеллерного и уголкового профилей рассчитывают по формуле:

$$J_H = 0,002 \cdot H \cdot d ,$$

где d — диаметр круга, мм, площадь которого равна площади поперечного сечения контролируемого изделия;

H — напряженность, А/м.

Намагничивание детали:

Режим намагничивания одиночными импульсами используется для контроля детали на остаточной намагниченности.

Для контроля намагничивания одиночными импульсами необходимо подключать токовые концы электроконтактов к клеммам « », а разъемы цепей дистанционного управления подключать к соответствующим ответным разъемам «Эл. контакт 1», «Эл. контакт 2».

После подключения токовыводящего элемента на блоке управления и регулирования установить переключатель операций в положение намагничивания « ».

Переключатель «Частота» импульсов поставить в положение «1».

Ручку переключателя «Вид тока» необходимо установить в положение « ».

Переключатель «Соленоид», электромагнит-контакты, кабель установить в положение «Контакты-кабель».

С помощью сетевого кабеля подключить дефектоскоп к сети и включить питание.

Для пуска дефектоскопа в работу необходимо нажать кнопку «Пуск». Кнопкой «Стоп» прекращают подачу импульсного тока.

Величину импульсного тока необходимого для контроля задают с помощью кнопочного переключателя порядков «x1», «x5», «x10» и потенциометром — «Заданный ток». Затем плавно вращая потенциометр «Ток» регистрируют момент зажигания лампы, сигнализирующей о том, что амплитуда импульсного тока достигла заданной величины. Схему измерения импульсов тока включить тумблером «Сигнализация — Измерение».

При работе электроконтактами следует пользоваться органами, установленными непосредственно на них (кнопка «Пуск», регулятор «Ток», лампочка, сигнализирующая достижения заданной величины амплитуды тока, лампочка «Ток» — сигнализирующая о наличии тока).

Намагничивание переменным током при контроле на остаточной намагниченности

Для намагничивания переменным током 50 Гц или выпрямленным следует подключать электроконтакты или кабель к зажимам «Переменный ток» или «Выпрям. ток», переключатель операций блока управления необходимо установить в положение « », переключатель «Вид тока» в положение « », величину тока выставить с помощью потенциометра «Ток» на передней панели блока управления и регулирования или на дистанционном пульте, установленном на электроконтактах. Величину выставленного тока определить измерительным устройством, расположенном в блоке измерения и сигнализации, при этом тумблер «х10А выпрямленный ток» и «х15А переменный ток» должен быть в соответствующем положении.

Намагничивание постоянным продольным полем электромагнита (соленоида)

При контроле с намагничиванием постоянным продольным полем электромагнита (соленоида) последний включить в розетку «Электромагнит — Соленоид» блока соленоида и электромагнита, тумблер блока управления

Соленоид, электромагнит, контакты, кабель» установить в положении «Соленоид, электромагнит».

Переключатель «Намагничивание — Откл. — Размагничивание» установить в положение «Намагничивание».

Потенциалом «Ток» на блоке соленоида и электромагнита по амперметру со шкалой 10-0-10 а установить необходимую величину тока намагничивания.

Нанесение суспензии и контроль детали:

Нанести суспензию на контролируемую поверхность. Для удобства нанесения суспензии на контролируемую поверхность в комплекте ЗиП дефектоскопа имеется специальная трубка с резиновой пробкой для установки ее во флягу или другой соответствующий сосуд с эмульсией.

Для контроля деталей с черной поверхностью очень эффективно применять цветные магнитные порошки, а в случае отсутствия последних можно применять черный порошок, предварительно наноса на контролируемые изделия тонкий слой (5 мкм) цветной или белой краски.

Существуют несколько способов нанесения суспензий на изделие:

- путем полива;
- путем погружения в ванну.

Осмотр проводят непосредственно после извлечения детали из ванны или полива и не ранее чем через 4-6 мин., когда применяют масляную суспензию.

При контроле в приложенном магнитном поле осмотр проводят во время и после нанесения суспензии. Осмотр проводят без применения или с применением оптических средств. В зависимости от способов контроля, особенной формы, чистоты обработки поверхности детали, а также условий контроля рекомендуются следующие составы магнитных суспензий (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Концентрация магнитного порошка в суспензии

Контролируемая деталь или условия контроля	Дисперсионная среда суспензии	Концентрация порошка, г/л	Допустимое содержание крупных (более 5 мкм) частиц %
1. Силовые элементы конструкции, детали двигателя при контроле на остаточной намагниченности	Керосин, масло, их смесь, вода	20-25	5
2. Гальтельные переходы в деталях	Вода или керосин	10-15	1
3. Детали, контролируемые в конструкции без демонтажа	50 % керосина и 50 % масла	20-25	5
4. В приложенном магнитном поле электромагнита $H = 12000 \text{ А/м}$	Масло или смесь: 50 % керосина и 50 % масла	5-6	5
5. В приложенном магнитном поле электромагнита при $H = 120000 \text{ А/м}$	Масло МК-8 или трансформаторное	3-5	5

Суспензия на основе керосина (масла или их смеси) с порошком ТУ-6-14-1009-74 стабилизированная присадкой Акор-1 (ГОСТ 15-171-70).

Водная магнитная суспензия. Суспензию готовят на основе воды с внесением добавок (г/л): хромпик калиевый 5 ± 1 ; сода кальцинированная 10 ± 1 , эмульгатор ОП-7 (ОП-10) 5 ± 1 .

Осмотр детали следует производить с помощью набора оптических средств входящих в комплект дефектоскопа.

Операция размагничивания и контроль степени размагничивания:

Намагниченные детали после магнитопорошкового контроля размагничивают, так как остаточная намагниченность может вызвать нежелательные последствия. Сущность размагничивания заключается в циклическом перемагничивании детали магнитным полем, напряженность которого периодически изменяется по направлению, уменьшается по амплитуде от некоторого значения до нуля.

Существуют способы размагничивания:

- в поле соленоида;
- электромагнитом;
- пропускание переменного тока через деталь или по кабелю, который пропущен через полую деталь.

Крупногабаритные детали (коленчатые валы, кольца со сложными выступами или углублениями и др.) наиболее полно размагничиваются по участкам с применением кабеля, который наматывают на плохо размагничивающиеся части детали.

Выбор способа размагничивания зависит от размера детали и способа ее намагничивания. Рекомендуемые способы размагничивания приведены в табл.

Последовательность размагничивания по выбранному способу осуществляется в следующем порядке:

- в режиме «Размагничивание» установить переключатели: на блоке управления дефектоскопа и на блоке соленоида и электромагнита в положение «Размагничивание».
- запуск размагничивающей серии импульсов тока через электромагнит осуществлять кнопкой «Пуск» на панели блока управления;
- размагничивание осуществляется знакопеременными прямоугольными импульсами, убывающими по амплитуде.

Окончание размагничивания определить по стрелке измерительного прибора 10-0-10А, на передней панели блока соленоида и электромагнита.

При размагничивании соленоидом на переменном токе 220В, 50 Гц необходимо включить соленоид.

Оформление отчета:

Оформление отчета производится в соответствии с требованиями стандарта предприятия (СТП ХПИ 10-88) и ГОСТа 3.1502-85 ЕСТД на оформление документов технического контроля. Виду выполнения

контроля на одном рабочем месте используется для описания операции магнитопорошкового контроля операцияльная карта (ОК) форма 2 и 2а.

Операционную карту следует заполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1502-85.

Указания по технике безопасности:

- дефектоскоп является опасным по уровню напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

- дефектоскоп имеет клемму заземления и блокировку, обеспечивающих разряд высоковольтных конденсаторов при снятии задней стенки дефектоскопа;

- при эксплуатации дефектоскопа необходимо соблюдать правила техники безопасности, распространяющиеся на работы по эксплуатации электроустановок;

- работам по монтажу, проверки, ремонту и обслуживанию дефектоскопа допускаются лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций.

- при проведении ремонтных и профилактических работ, особенно силовой части дефектоскопа следует помнить, что трансформатор 1-Тр1 содержит обмотку высокого напряжения 900...1000В мощностью 1,5-5 ВА.

- братья руками за высоковольтные конденсаторы провода красного и оранжевого цвета разрешается только при отключенном дефектоскопе.

- в дефектоскопе предусмотрено автоматическое устройство для снятия остаточных зарядов на высоковольтных конденсаторах при снятии задней защитной панели;

- при проведении работ по контролю изделий дефектоскопом, испытаниях и электрических измерениях, его необходимо заземлить;

- электрическая прочность изоляции между корпусом дефектоскопа и закороченными наконечниками сетевого кабеля выдерживает напряжение 660В переменного синусоидального тока частотой $50 \pm 0,5$ Гц:

- при нормальных условиях;

- при влажности $(95 \pm 3) \%$.

Электрические сопротивления изоляции между корпусом дефектоскопа и закороченными наконечниками сетевого кабеля:

- при нормальных условиях — не менее 20Мом;

- при температуре 50 °С — не менее 50 Мом;

- при влажности $(95 \pm 3) \%$ — не менее 1 Мом.

- перед началом ремонта дефектоскопа его отключают от сети.

- не допускается работа с дефектоскопом в особо опасных помещениях.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается сущность метода магнитного контроля?
2. Как классифицируются магнитные методы контроля?
3. Назовите область применения магнитных методов контроля?
4. Назовите сущность и область применения магнитопорошкового метода контроля?
5. Какие знаете способы контроля в приложенном магнитном поле?
6. Как осуществлять контроль на остаточной намагниченности?
7. Как производится подготовка деталей к контролю?
8. Дайте характеристику способов намагничивания.
9. Как определяется сила тока намагничивания?
10. Для чего необходимо размагничивание деталей?
11. Назовите способы размагничивания.
12. Назовите состав магнитных суспензий.
13. Охарактеризуйте магнитный дефектоскоп ГСПМД-50П.
14. Назовите последовательность магнитного контроля.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ

Цель работы — выработать навыки использования ультразвуковой дефектоскопии в ремонтном производстве.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить сущность способа ультразвуковой дефектоскопии деталей;
- ознакомиться с устройством и работой импульсного ультразвукового дефектоскопа 9024;
- освоить методику выявления скрытых дефектов в деталях ультразвуковых дефектоскопом 9024.

Общая характеристика ультразвуковой дефектоскопии и применяемое оборудование:

Ультразвуковая дефектоскопия основана на выявлении распространения в металле ультразвуковых колебаний и отражения их от дефектов, нарушающих сплошность металла (трещин, раковин и др.).

В ультразвуковой дефектоскопии применяется продольные, поперечные и поверхностные волны.

Поперечные волны — это волны, траектории которых перпендикулярны направлению волны.

Продольные волны — траектории совпадают с направлением распространения волны (или волны сжатия).

В дефектоскопии могут быть иногда применены также поверхностные волны, которые распространяются на поверхности тела, не проникая внутрь его, подобно волнам на поверхности воды.

В практике ультразвуковой дефектоскопии металлов применяются ультразвуковые колебания частотой более 500000 Гц, т.е. 0,5 МГц.

Для получения ультразвука частотой более 0,5 МГц используются генераторы, состоящие из источника переменного электрического тока и пьезоэлектрического преобразователя.

Пьезоэлектрический преобразователь основан на использовании пьезоэлектрического эффекта.

Пьезоэлектрическим эффектом называется явление появления электрических зарядов на гранях пластинки, изготовленной из определенного материала, подвергнутой сжатию или растяжению.

Пьезоэлектрический эффект — явление обратимое, т.к. под влиянием электрического поля пластинка деформируется. Явление возникно-

вения электрических зарядов на гранях пластинки при ее деформации носит название прямого пьезоэлектрического эффекта. Деформация пластинки, помещенной в электрическом поле, носит название *обратного* пьезоэлектрического эффекта. Частота колебания пьезоэлемента равна частоте колебания электрического поля.

При ультразвуковой дефектоскопии применяется как прямой, так и обратный пьезоэлектрический эффект.

Устройства, служащие при дефектоскопии для получения и ввода ультразвуковых волн в контролируемое изделие, называется *излучающими* искательными головками, а устройства преобразующие ультразвуки в переменный ток — приемными искательными головками.

Ультразвуковые волны могут распространяться в любой материальной среде: газообразной, жидкой и твердой. В газообразной среде распространяются только *продольные волны*, а в жидкой кроме того, и *поверхностные*. Поперечные волны в этих средах распространяться не могут, т.к. газ и жидкость не обладают упругостью формы.

В твердых телах, в частности в металлах, возможно распространение различных типов волны.

В дефектоскопии нашли применение продольные, поперечные и поверхностные волны.

Преимущества и недостатки ультразвуковой дефектации. Номенклатура контролируемых деталей:

С помощью ультразвуковой дефектоскопии в заготовках и изделиях, изготовленных практически из любых материалов, можно: производить контроль сплошности, толщины, структуры, физико-механических свойств изучение кинетики разрушения.

К преимуществам ультразвуковой дефектоскопии относятся:

1. высокая чувствительность, позволяющая выявить мелкие дефекты,
2. большая проникающая способность, позволяющая обнаружить внутренние дефекты в крупногабаритных изделиях,
3. возможность определения места и размеров дефекта,
4. Практически мгновенная индикация дефектов, позволяющая мотивировать контроль,
- 5 возможность контроля при одностороннем доступе в изделия,
6. простота и высокая производительность контроля,
7. полная безопасность работы оператора и окружающего персонала.

К недостаткам дефектоскопии относится необходимость разработки специальных методов контроля отдельных типов деталей, необходимость сравнительно высокой чистоты обработки поверхности контролируемых объектов и наличие мертвых зон, снижающих эффективность контроля.

Ультразвуковой дефектоскопией контролируются следующие детали (на примере деталей автомобиля ЗИЛ-130): коленчатый вал, полуось, цапфа, шкворень, рычаг поворотной цапфы, (левый и правый), гайка шариковая рулевого механизма, сошла рулевая с пальцем в сборе, винт рулевого механизма, валик насоса гидроусилителя и т.д.

Оборудование и методы ультразвуковой дефектоскопии:

В настоящее время в промышленности применяются сотни конструктивно отличающихся дефектоскопов.

По характеру ультразвуковых колебаний все дефектоскопы могут быть разделены на приборы с непрерывным излучением, импульсные и резонансные. Эта классификация отражает принципиальные особенности электронных схем ультразвуковых дефектов.

Дефектоскопы с непрерывным и импульсным излучением ультразвука применяются для контроля деталей различными методами.

В зависимости от способа приема сигнала различают теневые и эхо-методы. В теневых методах излучающая и приемная головки помещаются преимущественно с противоположных сторон изделия на одной оси. Головки перемещают вдоль и поперек изделия сохраняя их соосность. О наличии в изделии дефекта судят по ослаблению ультразвукового луча в этом месте, т.е. по ультразвуковой тени.

В отличие от теневых методов в эхо-методе излучающая и приемная головки перемещаются с одной стороны, а о наличии дефекта судят по интенсивности отраженного сигнала.

По способу акустического контакта головки с изделием различают два метода: контактный и иммерсионный.

При контактном методе на поверхность изделия наносится тонкий слой жидкости, а головки прижимают непосредственно к поверхности изделия.

При иммерсионном методе изделие помещают в бак с жидкостью. В тот же бак на некотором расстоянии изделия помещают излучатель и приемник ультразвука. Перед тем как попасть в изделие, ультразвук от излучающей головки проходит толстый слой жидкости.

О наличии нарушения сплошности изделия в ряде дефектоскопов судят по появлению всплесков на экране электронно-лучевого осциллографа.

Такие методы контроля называются методами косвенной оценки.

Классификация методов дефектоскопии с непрерывными излучениями аналогично классификации методов с импульсным излучением.

Устройство и работа импульсного дефектоскопа 9024:

Ультразвуковой дефектоскоп 9024 относится к классу импульсных дефектоскопов.

Прибор позволяет определить глубину залегания дефекта и примерную ее величину. При употреблении различных головок можно исследовать глубину 5 мм до 5 м.

Головка в этом случае действует как передатчик и как приемник.

Напряжение сети для питания ультразвукового дефектоскопа 9024 220/127 вольт переменного тока.

Ультразвуковой дефектоскоп состоит из следующих основных узлов или блоков (рисунок 5.1): синхронизирующего генератора, генератора высокой частоты, искательных головок, приемно-усилительного тракта, осциллографа (электронно-лучевой трубки), генератора развертки, источника питания.

Рисунок 5.1 – Блок-схема ультразвукового дефектоскопа 9024

Для запуска генератора импульсов и других блоков дефектоскопа служит синхронизирующий генератор, который периодически (каждые 0,02-0,0010 сек) вырабатывает синхронизирующий сигнал.

По сигналу синхронизирующего генератора происходит запуск генератора высокой частоты, генератора развертки и других блоков дефектоскопа.

При получении синхронизирующего сигнала генератор высокой частоты вырабатывает импульс и подает его на головку, где электрические колебания в результате обратного пьезоэффекта преобразуются в механические.

Механические колебания высокой частоты (ультразвук) начинает распространяться в детали. В этот же момент времени начинает работать генератор развертки, создавая полеобразное напряжение на пластинах горизонтального отклонения электронно-лучевой трубки, линейно изменяющейся во времени. Изменение потенциала на горизонтальной оси.

Если на пути ультразвука встречаются нарушение сплошности, то ультразвук отразится от его и частично попадает в приемную пьезопластину.

Благодаря прямому пьезоэффекту, пластина превратит этот механический импульс в электрический. Далее электрический импульс после усиления в приемно-усилительном тракте попадает на пластины вертикального отклонения электроннолучевой трубки. К этому времени электронный луч на экране трубки успеет пройти весь путь а — б, образуя т. о. выброс на линии развертки (рисунок 5.1).

Высота всплеска зависит от величины нарушения сплошности.

Головки вводящие ультразвук перпендикулярно поверхности детали, называются прямыми. При контроле прямыми головками у поверхности детали и ее дна существует мертвые зоны, в которых нарушения сплошности не выявляются, Величина этих мертвых зон зависит от целого ряда факторов.

Для уменьшения или устранения мертвых зон, применяются наклонные и преломляющиеся головки. В этих головках ультра звуковой луч вводится под некоторым углом к поверхности. Отраженный от дна сигнал, как правило, не возвращается в искательную головку, из-за чего на экране электронно-лучевой трубки данный всплеск отсутствует, а следовательно, отсутствует и мертвая зона у дна детали.

Искательные головки:

При ультразвуковой дефектоскопии применяется большое количество различных конструкций искательных головок. Эти головки могут быть разбиты на три основные группы:

1. прямые — вводящие ультразвуковой луч перпендикулярно поверхности,
2. наклонные — направляющие луч под углом без преломления,
3. преломляющиеся (призматические), вводящие в металл как произвольные, так и поперечные волны под углом 90^0 .

Выпускается два типа прямых искательных головок:

1. головки с открытым вибратором (открытые),
2. головки с закрытым вибратором (закрытые).

Открытые головки употребляются для прозвучивания объектов испытания с электрической проводимостью и сравнительно ровной поверхностью.

Закрытые искательные головки применяются для прозвучивания неметаллических объектов испытания и металлических деталей с нервно-поверхностью.

Частоты ультразвукового импульса определяются головкой и обозначается последней цифрой в номере типа головки.

Вертикальные головки поставляются с частотами 0,5; 1,2,4. и 6 МГц.

Данные длины волны позволяют прозвучивание объектов испытания разводной структуры:

1 Выбор головки зависит от соответствующей кристаллической структуры испытываемой детали.

2 Наклонные испытательные головки посылают звуковой импульс в испытываемый объект под углами 45°, 60°, 70°.

Соответствующий угол, размер, тип, материал пьезоэлемента и излучаемая частота колебаний выгравированы на корпусе головки.

Например, искательные головки 9802, материал вибратора кварц 0 25 мм, вертикальная искательная головка открытого типа частота 2 МГц.

Таблица 5.1

Маркировка

1-я цифра	Материал вибратора
7	титан бария
9	кварц
2-я цифра	Габариты вибратора
6	10 мм ø или 10×10 мм
8	25 мм ø или 10×10 мм
9	30 мм ø
3-я цифра	Конструкция
0	вертикальный пробник (открытый)
1	вертикальный пробник (открытый)
2	вертикальный пробник
5	(поперечный пробник)
6	угловой пробник 45°
7	угловой пробник 60°
	угловой пробник 70°
4-я цифра	Частота
1	1 МГц
2	2 МГц
4	4 МГц
6	6 МГц
8	0,5 МГц

Определение размера дефекта:

Ультразвуковым дефектоскопом 9024 выявляется:

1. наличие дефекта;
2. характер и размер дефекта;
3. координаты дефекта.

Наличие дефекта в детали определяется по появлению всплеска между излучаемым сигналом и отраженным (точка «б» рисунок 5.2).

Определение дефекта осуществляется по эквивалентной площади. Под эквивалентной площадью понимается, площадь контрольного отражателя на эквивалентном эталоне, дающего величину всплеска, одинаковую с всплеском от дефекта. Диаметр этого отражателя называется эквивалентным диаметром.

Приближенно считают зависимость высоты всплеска от эквивалентной площади при постоянной глубине залегания дефекта линейной.

В практической работе для определения размера дефекта используют графические зависимости. По этим графикам, зная высоту всплеска, определяют размер дефекта.

Опыт показывает, что по высоте всплеска можно оценить небольшие размеры дефектов. Для определения дефектов больших размеров удобнее пользоваться условной протяженностью дефекта.

Условная протяженность определяется путем оконтуривания искателем зоны на поверхности изделия, внутри наблюдается появление всплеска от нарушений сплошности.

Максимальный линейный размер этой площади назовем условной протяженностью. Геометрические построения показывают, что вследствие расхождения ультразвукового луча определенная таким образом площадь будет больше нарушения сплошности.

Рисунок 5.1 — Определения условной протяженности — длины трещин

Из рисунка видно, что

$$U = a + 2x, \quad x = r \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Следовательно,

$$a = u - k \cdot r,$$

где k — коэффициент, зависящий от угла.

Прямым искателем

Преломляющим искателем

Рисунок 5.2 — Методы ультразвукового дефектоскопа

Условную протяженность применяют иногда для определения размера небольших нарушений сплошности. Ошибка такого измерения велика, и поэтому такую методику целесообразно применять лишь при диаметре нарушения сплошности, большей половиной пьезопластины.

Определение места расположения дефекта:

После того, как дефект выявлен и определены его размеры необходимо установить его местонахождение. Точность определения координат нарушения сплошности в большинстве случаев не превышает 2–3 %.

При контроле прямым искателем прежде всего определяют место, где наблюдается максимальный всплеск.

Если дефект вдали от боковых поверхностей, то он находится на линии, перпендикулярной поверхности детали и, проходящий через место максимального всплеска.

Место нахождения дефекта определяется глубиной и двум другим координатам. Система отсчета координат выбирается или прямоугольная или полярная в зависимости от формы контролируемой поверхности детали.

Начало координат располагают на измерительной базе для данной поверхности.

Глубина залегания дефекта при контроле прямой искательной головкой определяется непосредственно по шкале на осциллографе с учетом масштаба.

Рассмотрим определение глубины залегания дефекта при контроле призматическим искателем. При наличии глубиномера расстояние ($г$) (рисунок 5.3) от точки ввода ультразвука в изделие до дефекта может быть определено по шкале.

Рисунок 5.3 – Определение глубины залегания дефекта

По расстоянию $г$ может быть определена глубина залегания дефекта h по формуле: $h = g \cdot \cos \beta$.

Последовательность выполнения контроля деталей. Подготовка деталей:

Согласно дефектовочной карте контроля (ТУ) определяется контролируемая поверхность. Выбираются координаты отсчета.

Для лучшего прилегания головки искателя к исследуемой детали, поверхность соприкосновения с вибратором, покрываемым тонким слоем масла (технический вазелин, автол, машинное или трансмиссионное масло).

Включение дефектоскопа:

Перед включением дефектоскопа в работу, производим установку ручек на передней панели в следующее положение:

Таблица 5.2

Положение ручек на передней панели

Наименование ручки	Положение
1. Ручка диапазон измерения – 3	50 100 25 10 250 500 (в зависимости от размера детали) на отметку справа
2. Ручка «Калибровка» – 4	
3. Ручка «Положение импульса»	
4. Ручка «Чувствительность» – 12	Деление 4, 5, 6
5. Ручка «Передачик – приемник» – 15	Приемник – передачик
6. Коаксиальный кабель с вертикальным пробником 2 МГц типа 9812 или с угловым пробником	«передачик» – 2

Когда все ручки передней панели ультразвукового дефектоскопа находятся в соответствующих положениях, производим включение прибора ручкой «Резкость». На экране электроннолучевой трубки виднеется горизонтальная линия времени. Четкость изображения устанавливается с помощью ручки «Резкость».

Ручкой «Положение импульса» передвигается фронт прямого импульса на деление светящегося экрана.

Контроль дефекта:

Устанавливаем искательную головку на контролируруемую поверхность и передвигая ее по исследуемой поверхности следим за всплесками на экране, отмечая глубину по шкале.

Если дефекта нет, то на экране будет только всплеск данного отражения, т.е. от противоположенной стороны исследуемой поверхности. О наличии дефекта свидетельствует всплеск, появившийся перед всплеском данного отражения.

Определяем глубину и координаты дефектов

Примечание: координаты дефекта, его размеры определяются в том случае, когда эти дефекты устраняются в процессе ремонта (не провар сварочного шва, трещины в корпусных деталях). Для деталей, которые бракуются при наличии дефекта (в данном случае выше перечисленные детали) определяется только глубина залегания дефекта.

Контрольные вопросы:

1. На каком явлении основана ультразвуковая дефектоскопия?
2. Какие волны применяются в ультразвуковой дефектоскопии?
3. На каком явлении основаны пьезоэлектрический преобразователь. Что такое пьезоэлектрический эффект и какой пьезоэлектрический эффект используется в ультразвуковой дефектоскопии?
4. Какие ультразвуковые волны могут распространяться:
а) в жидкой среде; б) в газообразной; в) в твердых телах (метал)?
5. Какой тип дефектоскопа позволяет работать одной искательной головкой?
6. Назовите методы ультразвукового контроля?
7. В чем сущность теневого метода контроля и эхо-метода?
8. Какие методы контроля существуют по способу акустического контакта?
9. Как осуществляется контактный и иммерсионный эхо-метод контроля?
10. К какому классу дефектоскопов относится ультразвуковой дефектоскоп 9024?
11. На какой глубине может быть обнаружен дефект?
12. В каком режиме может работать ультразвуковой дефектоскоп при эхо- методе контроля, теневом методе контроля?
13. Какие ультразвуковые колебания распространяются в детали?
14. От чего зависит высота отраженного сигнала?
15. Как вводятся ультразвуковые колебания прямой, наклонной и преломляющейся искательными головками?
16. В каких случаях применяется открытые и закрытые искательные головки?
17. Какие параметры входят в маркировку искательной головки?
18. От чего зависит выбор типа и марки искательной головки?
19. Что является ультразвуковым дефектоскопом 9024?
20. Каким образом фиксируется наличие и характер дефекта его размеры и координаты?
21. Какие существуют способы определения величины дефекта?
22. Как определяется условная протяженность (длина) трещин при контроле прямой искательной головки?
23. Как определяется глубина залегания дефекта при контроле прямой и наклонной (призматической) головками?
24. Какой должен быть класс шероховатости поверхности при ультразвуковой дефектации деталей?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Люосев В. Д. Ремонт деталей лесозаготовительных машин и оборудования: Учебное пособие / Вениамин Дмитриевич Люосев. — Ухта: Изд-во Ухтинского индустриального института, 1992. — 62 с.
2. Шоль Н. Р. Применение современных материалов для изготовления и ремонта деталей машин: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений лесотехнического профиля / Николай Рихардович Шоль [и др.]. — Ухта: Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2004. — 251 с.: ил., табл.
3. Люосев В. Д. Технологические расчеты при проектировании процессов изготовления и ремонта лесозаготовительного оборудования: Учебное пособие / Вениамин Дмитриевич Люосев. — Ухта: Изд-во Ухтинского индустриального института, 1996. — 75 с.: ил. — ISBN 5-88179-078-2.
4. Люосев В. Д. Упрочняющая обработка деталей машин: Учебное пособие по курсу «Ремонт лесозаготовительных машин и оборудования» для студентов специальности 170400 «Машины и оборудование лесного комплекса» / Вениамин Дмитриевич Люосев, Николай Рихардович Шоль, В. И. Игнатов. — Ухта: Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2001. — 142 с.: ил. — ISBN 5-88179-246-7: б.ц.
5. Авдеев М. В., Воловик Е. Л., Ульянов И. С. Технология ремонта машин и оборудования. — М.: Агропромиздат, 1986. 247 с.
6. Балабанов А. М., Канарчук В. Е. Справочник технологии мелкосерийных и ремонтных производств. — К.: Выща шк., 1983. 256 с.
7. Воробьев В. С. Технология машиностроения и ремонт машин. — М.: Высш. шк., 1981. 344 с.
8. Канарчук В. Е., Чигринец Д. Д. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств. — К., — Высш. шк., 1992. 495 с.
9. Козлов Ю. С. Очистка автомобилей при ремонте. — М.: Транспорт, 1981. 151 с.
10. Колесник П. А., Шейнин В. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. — М.: Транспорт, 1985. 325 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	3
1.1. Организационно-методические указания.....	3
1.2. Подготовка к выполнению лабораторных работ	4
1.3. Отчёт о выполнении лабораторной работы	4
1.4. План проведения лабораторных работ.....	4
1.5. Проведение по оснащению рабочих мест	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ДЕФЕКТАЦИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ДЕФЕКТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ И ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА ИХ КУЛАЧКОВ	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ДЕФЕКАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ	23
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ МАГНИТО-ПАРАШКОВОГО КОНТРОЛЯ.....	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ	48
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	59

Учебное издание

Тимохов Роман Сергеевич
Тимохова Оксана Михайловна
Хитров Егор Германович

ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

Учебно-методическое пособие

Сетевое научное издание

Технический редактор Байгузова Л.М.

Сетевое научное издание

© Р.С. Тимохов, О.М. Тимохова,
Е.Г. Хитров, 2021

© Ухтинский государственный
технический университет, 2021

© Санкт-Петербургский лесотехнический
университет им. С.М. Кирова

© ИД «Академия Естествознания»

© АНО «Академия Естествознания»