



**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ивановская государственная сельскохозяйственная  
академия имени Д.К. Беляева»**

## **ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра технического сервиса и механики

**А.М. Баусов, А.А. Гвоздев**

### **Магнитная дефектоскопия деталей машин**

Для подготовки обучающихся магистров очной и заочной форм обучения  
по направлению 35.04.06 «Агроинженерия»

Иваново, 2018

**УДК 620.179.1**

Рецензенты:

заведующий кафедрой механики и инженерной графики ФГБОУ ВО ИГХТУ д.т.н.,  
профессор Колобов М.Ю.

Заместитель начальника цеха производства по подготовке производства 13 ОАО  
«ИМЗ» Автокран» Буров С.А.

Баусов А.М., Гвоздев А.А.

Магнитная дефектоскопия деталей машин/ Методические указания - Иваново:  
ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2018.- 14 с.

Предназначены для обучающихся магистров очной и заочной форм обучения  
по направлению 35.04.06 «Агроинженерия»

Рассмотрено и одобрено методической комиссией инженерного факультета  
(протокол № 4 от 29 сентября 2018 года)

© А.М. Баусов, А.А. Гвоздев 2018

© ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	5
2. ЗАДАНИЕ.....	5
3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ.....	5
4. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ.....	5
5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	6
6. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ.....	7
7. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ДЕФЕКТОСКОПА ПМД-70.....	9
8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	14
ЛИТЕРАТУРА.....	14

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Научиться выявлять дефекты в деталях тракторов, автомобилей, и сельскохозяйственных машин с помощью магнитной дефектоскопии.

## **2. ЗАДАНИЕ**

1. Изучить технику безопасности при выполнении данной работы.
2. Ознакомиться с применяемым при магнитной дефектоскопии оборудованием, инструментом, материалом.
3. Подготовить оборудование к работе.
4. Подготовить контролируемые детали для дефектации.
5. Освоить методику выявления дефектов.
6. Провести дефектацию требуемых деталей.
7. Дать заключение о годности проконтролированных деталей.
8. Привести в порядок рабочее место.
9. Составить отчет о проделанной работе.

## **3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ**

1. Перед началом работы студент должен осмотреть свою одежду: манжеты рукавов должны быть застегнуты, длинные волосы компактно уложены на голове.
2. Прежде чем приступить к выполнению работы изучить устройство применяемого оборудования и приборов. Следует внимательно следить за показаниями приборов и не допускать работу оборудования в запредельных режимах.
3. При работе на дефектоскопе не допускать касания кожными покровами рук оголенных частей контактных электродов.
4. Не допускать поливания технологических жидкостей на рабочем месте.
5. При намагничивании и размагничивании деталей контактными электродами следует достигать хорошего контакта с поверхностью изделия, не допуская искрения и прижогов металла.

## **4. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ**

- |  |        |
|--|--------|
| 1. Магнитный дефектоскоп ПМД-70.....   | 1 шт.  |
| 2. Контролируемые детали (поршневые пальцы, коленчатый вал, шестерни масляных насосов – по указанию преподавателя) |        |
| 3. Водный раствор моющее средство МС-8.....  | 1 л.   |
| 4. Керосин.....  | 0,5 л  |
| 5. Ферромагнитный порошок (металлическая железная пыль).....   | 0,5 кг |
| 6. Трансформаторное (машинное, веретенное)масло.....   | 0,3 л. |
| 7. Ванна для суспензии.....  | 0,3 л  |
| 8. Кисть .....   | 1 шт   |
| 9. Секундомер .....  | 1 шт   |
| 10. Верстак слесарный.....   | 1 шт.  |

## 5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Развитие современного машиностроения происходит с непрерывным повышением производительности, быстроходности и экономичности машин, с увеличением удельных нагрузок на их детали значительным повышением давлений и температур рабочих сред в конструкциях. Все это заставляет предъявлять высокие требования к качеству применяемых в машиностроении материалов.

Современная технология металлов не всегда обеспечивает получение деталей, полуфабрикатов или заготовок без каких - либо дефектов. Встречающиеся в металлах дефекты весьма разнообразны по характеру и происхождению.

Они могут быть :

1. Местными (различные нарушения сплошности )
2. Распределенными в органических зонах( ликвационные скопления, зоны неполной заливки, зоны коррозионного поражения, местный наклеп )
3. Равномерно распределенные 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 процессами:

- а) плавления и литья - несоответствие химического состава, шлаковые загрязнения, усадочные раковины, газовые поры, горячие трещины и др.
- б) пластической деформации - трещины, расслоения, флокены, волосовины.
- в) термической обработки - закалочные трещины, хрупкие поверхностные слои крупно зернистость.
- г) механической обработки - следы грубой обработки, надирсы, шлифовальные прижоги и трещины.
- д) правки и монтажа - рихтовочные, монтажные трещины, надрезы, риски.
- е) сварки - сварочные трещины, поры, шлаковые загрязнения.
- ж) эксплуатации - усталостные трещины, механические повреждения, наклеп, различные виды коррозии.

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

Приборы, предназначенные для определения координат дефектов без разрушения контролируемых изделий называются дефектоскопами.

Метод контроля изделий с помощью магнитных полей является эффективным методом неразрушающего контроля ферромагнитных деталей и изделий с целью выявления поверхностных: и подповерхностных дефектов.

Магнитная дефектоскопия может быть с успехом использована и как средство отыскания правильной технологии процессов термообработки, шлифовки, сварки,ковки, штамповки, а также для уточнения и обеспечения стабильности технологического процесса и возможности соблюдения его в процессе производства.

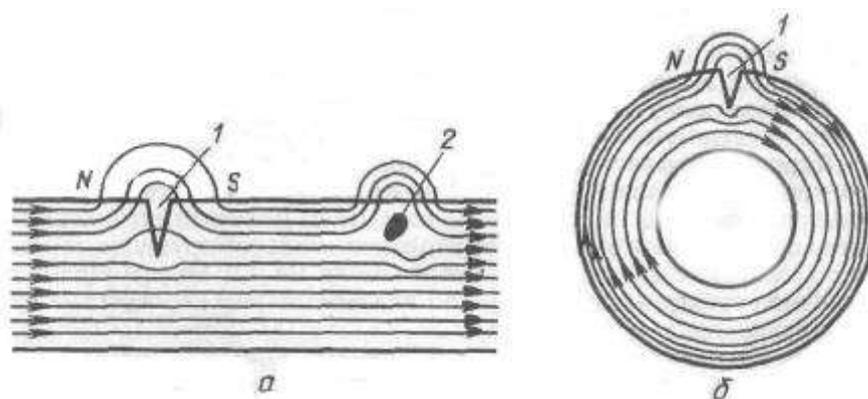
Применяя магнитный метод при ремонте или профилактическом осмотре деталей и узлов, можно обнаружить трещины усталости в самом начале их развития, когда они ещё малы по размерам и невидимы при осмотре глазом или через лущу.

Магнитный метод осмотра отличается от других методов контроля простой и быстрой операцией надежностью, легкостью распознавания дефектов, высокой чувствительностью и безвредностью для оператора при правильной эксплуатации дефектоскопов.

## 6. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ

Магнитный (магнитно-порошковый) метод используется для обнаружения поверхностных и близкорасположенных к поверхности трещин, раковин и несплошности металла в ферромагнитных деталях.

Магнитная дефектоскопия основана на явлении возникновения на поверхности детали в местах, где находятся дефекты, магнитного поля рассеяния при прохождении через деталь магнитного потока. Образование магнитного поля рассеяния происходит в связи с резким изменением магнитной проницаемости в местах наличия дефектов. Силовые линии магнитного потока, проходящего через деталь, встречая дефект, огибают его. Если дефект выходит на поверхность, или расположен не глубоко /1...2мм под поверхностью изделия/, то силовые линии выходят за пределы детали, образуя местное магнитное поле рассеяния. Аналогичное явление происходит, если на пути силовых линий магнитного поля находятся неоднородные с контролируемым материалом включения.



*а — продольном; б — циркулярном; 1 — трещина; 2 — неметаллическое включение*

**Рисунок 1.- Схемы возникновения магнитных полей рассеяния при намагничивании.**

Фиксация этого магнитного поля рассеяния производится с помощью ферромагнитного порошка. На краях дефекта образуются магнитные полосы, которые притягиваются к себе мелкие частицы порошка. Собираясь над дефектом, они образуют на поверхности осадок в виде жилки, ширина которой может достигать 100-кратной ширины трещины. В процессе осаждения частиц над дефектом играет роль топография поля рассеяния, которая обуславливается характером дефекта его ориентацией по отношению к направлению магнитного поля, а также напряженность намагничивающего поля.

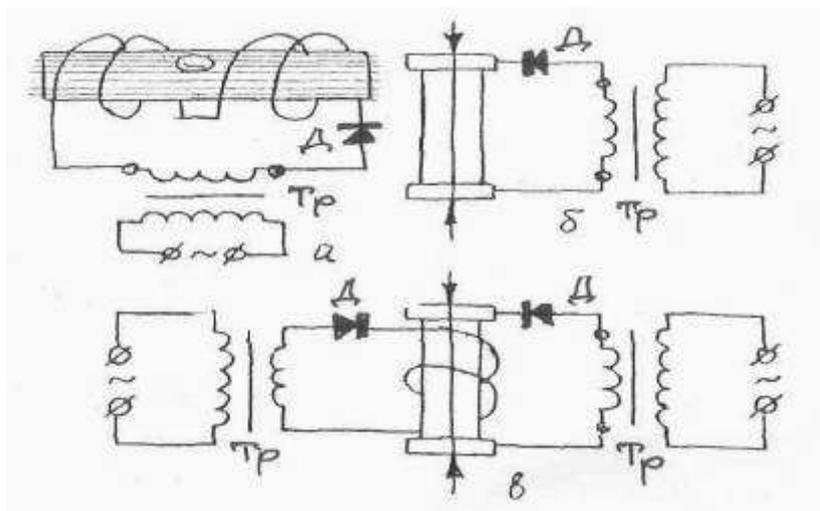
Магнитный поток, проходя через деталь в местах с дефектами, изменяет свою величину и направление (рис 1), что регистрируется нанесенным на испытываемую деталь (после ее намагничивания или в присутствии намагничивающего поля) магнитным порошком - он оседает на кромках трещины

Для обнаружения дефектов применяют ферромагнитные порошки, обладающие большой магнитной проницаемостью. Порошок магнетита ( $Fe_3O_4$ ) черного или тем-

но-коричневого цвета используют для контроля деталей со светлой поверхностью, а порошок оксида железа ( $Fe_2O_3$ ) буро-красного цвета - с темной поверхностью. Зернистость порошка должна быть в пределах 5...10 мкм. Магнитную суспензию готовят, используя керосин, трансформаторное масло, смесь масла с керосином. На 1 л жидкости добавляют 30...50 г магнитного порошка.

Для обнаружения дефектов, расположенных перпендикулярно продольной оси детали или под углом к ней не более  $25^\circ$ , используют полюсное намагничивание в магнитном поясе соленоида (рис. 2а) или помещают деталь между полюсами электромагнита (постоянного магнита).

Циркулярным (поперечным) намагничиванием (рис 2б) находят дефекты, расположенные вдоль продольной оси детали или под углом не более  $20^\circ$ . Оно создается полем, магнитные силовые линии которого расположены в виде замкнутых концентрических окружностей. Для этого через деталь пропускают электрический ток. При необходимости обнаружения дефекта на внутренней цилиндрической поверхности ток пропускают через стержень из немагнитного материала (медь, латунь, алюминий), помещенного в отверстие детали.



*а- продольное в поле соленоида; б- циркуляционное; в- комбинированное*

**Рисунок 2.- Схема намагничивания деталей постоянным током.**

Комбинированное намагничивание (рис 2а) заключается в одновременном воздействии на деталь двух взаимно перпендикулярных магнитных полей, получаемых обычно пропусканием электрического тока через деталь (циркулярное намагничивание) с одновременным помещением детали в соленоид или электромагнитный контур (полюсное намагничивание). Магнитные силовые линии результирующего поля в этом случае направлены по витковой линии к поверхности детали, что позволяет обнаружить дефекты разной направленности.

Комбинированное намагничивание проводят только в приложенном магнитном поле, а циркулярное и полюсное - в приложенном поле и в поле остаточной намагниченности.

В приложенном магнитном поле определяют дефекты деталей, изготовленных из магнитомягких материалов (Ст. 2, Ст. 3, Ст. 10 - Ст. 40 и др. ), а в поле остаточной намагниченности детали, изготовленные из магнито жестких материалов (легированные и высокоуглеродистые стали). После контроля все детали, кроме брако-

ванных, размагничивают, воздействуя на них переменным магнитным полем, изменяющемся от максимального значения напряженности до нуля.

Для магнитного метода может быть использован как переменный, так и постоянный ток.

Переменный ток служит для размагничивания деталей, постоянный ток применяют для выявления только поверхностных дефектов, расположенных на глубине не более 5...7 мм от поверхности детали. Величина тока для проверки в приложенном поле (для черных и цветных металлов) определяется по формуле:

$$I = (6...8) D, \quad (5.1)$$

а в поле остаточной намагниченности:

$$I = (17...20) D, \quad (5.2)$$

где  $I$  - сила тока, А;  $D$  - диаметр детали, мм.

На ремонтном производстве широко представлены переносные и передвижные магнитные дефектоскопы ПМД-70, ПМД-3М, М-217 и др. На лабораторно-практических занятиях студент должен научиться пользоваться универсальным дефектоскопом ПМД-70.

## 7. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ДЕФЕКТОСКОПА ПМД-70

Электрическая схема дефектоскопа представлена на рис. 3 Она состоит из следующих основных частей:

- силовая часть, о которую входит силовой трансформатор 220/6В мощностью 7 кВт, автотрансформатор, понижающий трансформатор 220/36 В,
- приборы включения, измерения, сигнализации и управления,
- намагничивающая часть, которая включает передвижной контакт, контактную площадку, ручные выносные контакты и соленоид,
- облицованная ванна для суспензии.

*Дефектоскоп работает следующим образом.*

При включении выключателя  $V_{\Pi}$  переменный ток от сети 230 В поступает через замкнутые пусковым прибором контакты  $K_1$  и  $K_2$  на автотрансформатор  $A_{авт}$ . От автотрансформатора ток поступает на первичную обмотку понижающего трансформатора  $T_{p2}$  (220/ 36 В), затем со вторичной обмотки трансформатора  $T_{p2}$  на намагничивающие зажимные контакты, на ручные контакты РК, а также на соленоид, который устанавливается между зажимными контактами.

Первичная, обмотка понижающего трансформатора  $T_{p1}$  (220/36 В) включена параллельно контактам  $K_1$  и  $K_2$ , поэтому при включении выключателя  $V_{\Pi}$  по первичной обмотке трансформатора  $T_{p1}$  пойдет ток. Сигнальная лампа  $СЛ_1$  загорится, указывая, что дефектоскоп готов к работе. Вторая лампа  $СЛ_2$  загорается, когда работает пусковой прибор, указывая, что на силовой трансформатор  $T_{p1}$  подано напряжение. Переключатель  $\Pi$  может быть установлен либо в положение 1, что соответствует длительному намагничиванию (приложенное поле), либо в положение 2,





1 – тумблер включения питания; 2 – сигнальная лампочка «питания»; 3 – сигнальная лампочка о прохождении импульса тока в цепи; 4 – переключатель режимов работы дефектоскопа (намагничивание, размагничивание); 5 – кнопка для пропускания единичных импульсов тока (при работе с мелкими деталями)

Рисунок 4 - Лицевая панель импульсного блока ПМД-70.



1 – кабель подключения питания блока управления; 2 – предохранитель; 3 – тумблер включения питания; 4 – миллиамперметр; 5 – регулятор силы тока; 6 – гнездо подключения соленоида; 7 – гнездо подключения местного освещения; 8 – переключатель режима измерения параметров; 9 – переключатель режима работы блока управления; 10 – кнопка включения начала размагничивания

Рисунок 5 - Лицевая панель блока управления ПМД-70.

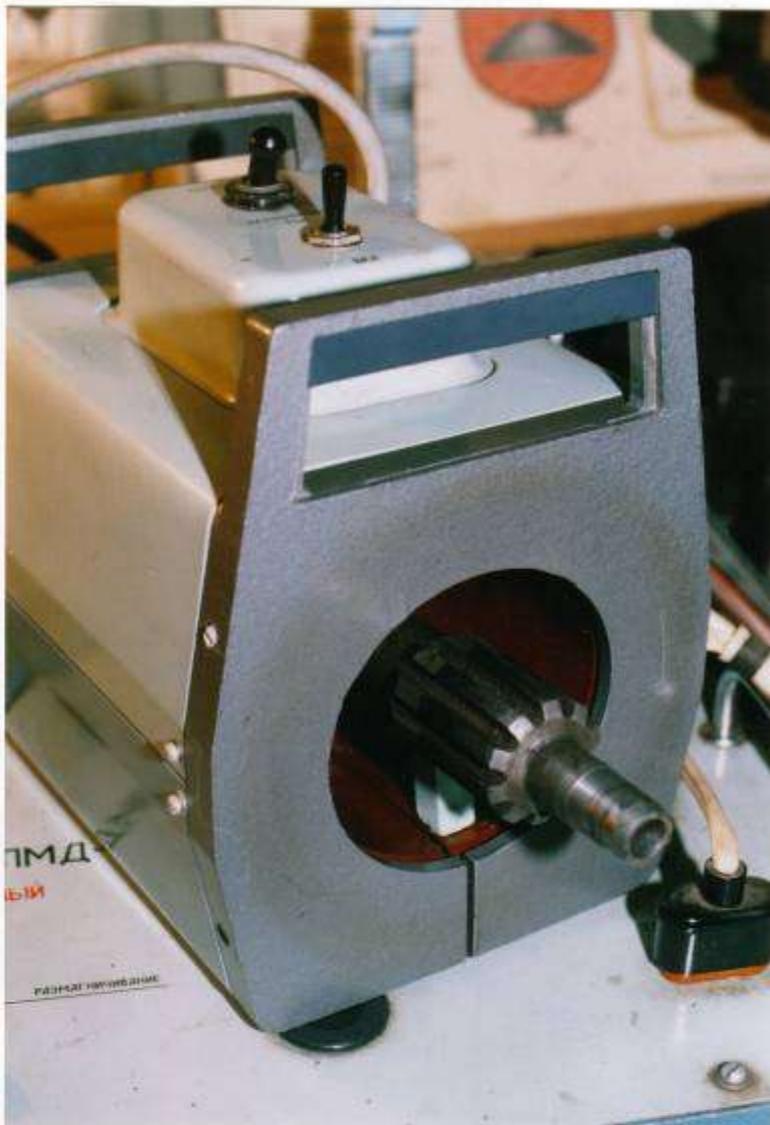


Рисунок 6. - Фрагмент рабочего процесса намагничивания (размагничивания) детали в соленоиде. Продольное магнитное поле обнаруживает поперечные относительно оси детали дефекты.

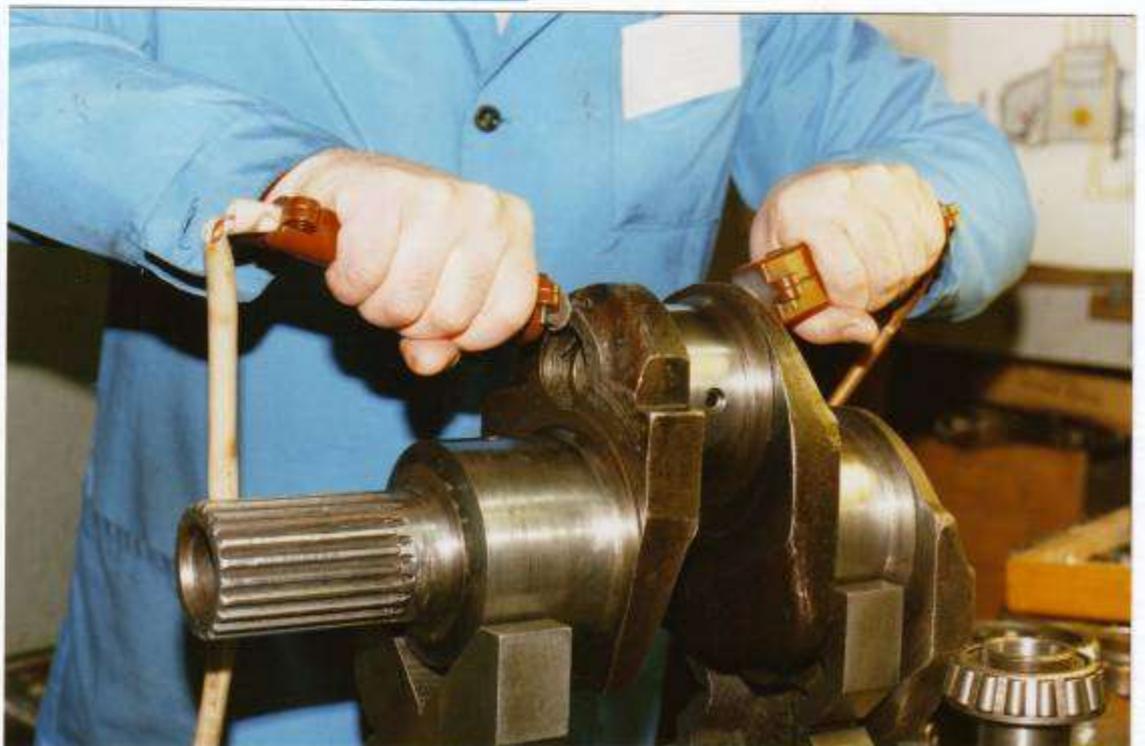


Рисунок 7. - Фрагмент рабочего намагничивания (размагничивания) детали контактными стержнями. Поперечное магнитное поле обнаруживает продольные относительно оси детали дефекты.

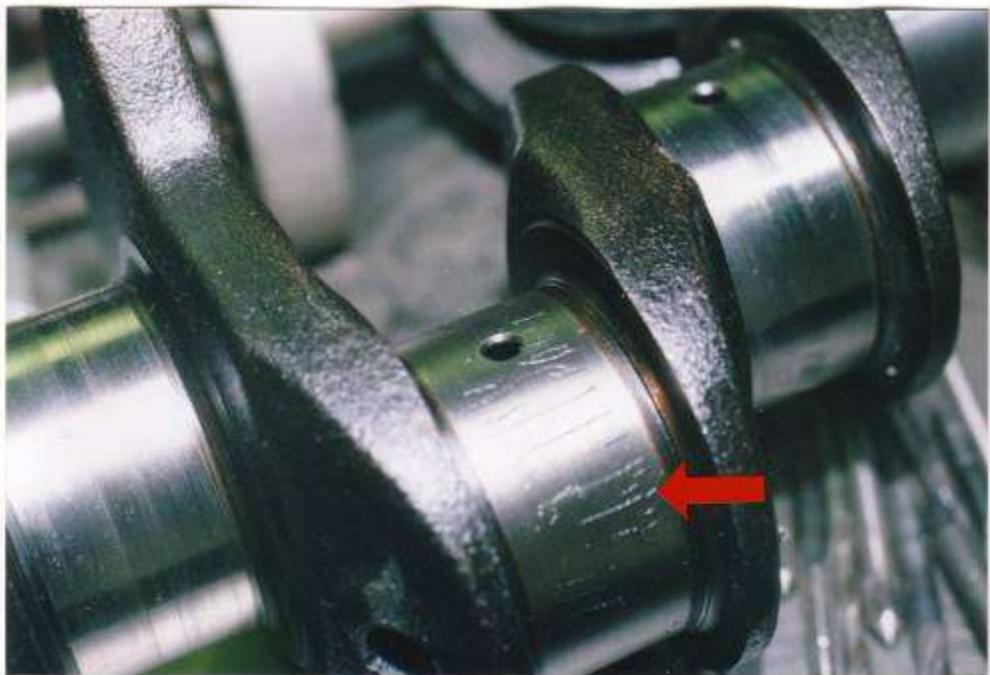


Рисунок 8. - В результате циркулярного намагничивания коленчатого вала ВАЗ-2105 на шатунной шейке обнаружены продольные трещины.

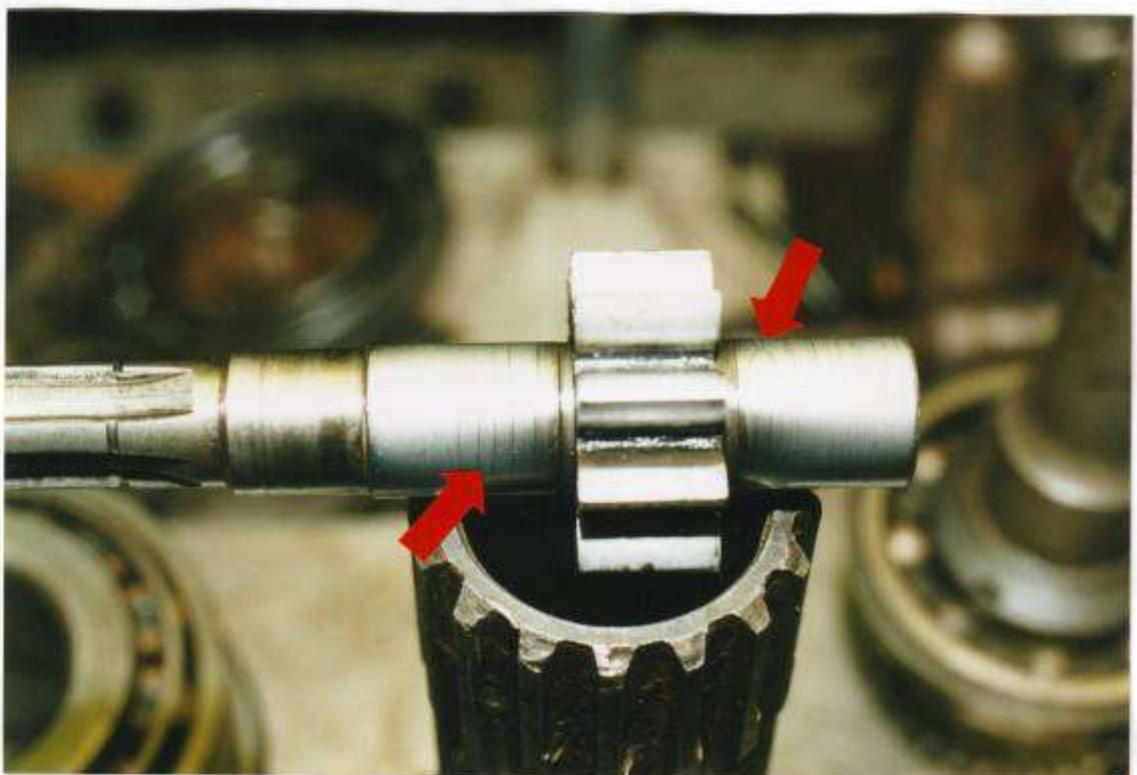


Рисунок 9. - В результате продольного намагничивания шестерни гидронасоса НШ-10 обнаружены поперечные трещины.

## Практическая работа

Под руководством лаборанта определить наличие и характер дефектов в детали магнитным методом. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

1. С учетом характеристики детали выбрать способ намагничивания, схему намагничивания и рассчитать величину тока.
2. Подготовить магнитный дефектоскоп ПМД-70 к работе, включить прибор в сеть, установить переключатель характера намагничивания в положение «длительное намагничивание», установить при помощи ручки автотрансформатора, расположенной на передней части прибора, расчетную величину тока.
3. Намагнитить деталь, для этого требуется следующее:
  - а) перенести переключатель «характер намагничивания» в положение «кратковременное намагничивание»;
  - б) установить деталь между стационарными (ручными) контактами дефектоскопа или внутри соленоида,
  - в) нажать на педаль дефектоскопа и тем самым намагнитить деталь.
4. Смочить деталь суспензией. Выявить наличие и характер дефектов. Дать заключение о степени годности детали.
5. Удалить ветошью с поверхности детали магнитную суспензию.
6. Размагнитить деталь.

По окончании работы тщательно убрать рабочее место. Занести в отчет данные о магнитном методе дефектоскопии.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На чем основано выявление дефектов при магнитных методах контроля?
2. Перечислите схемы намагничивания, применяющиеся при магнитных методах контроля.
3. К изделиям из каких материалов применяются методы магнитной дефектоскопии?
4. Какими рабочими органами дефектоскопа создаются продольные и поперечные магнитные поля в контролируемых изделиях?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Одушкевич М.В. Контроль при ремонте сельскохозяйственной техники – М.: Агропромиздат, 1988 – 254 с.
2. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей – М.: Колос, 1981.-225 с.
3. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ - М.: Высш. шк., 1986-207 с.
4. Ремонт автомобилей / Под ред. С.Н.Румянцева – М.: Транспорт, 1981-462 с.