

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к организации самостоятельной работы по дисциплине
вариативной части по выбору вуза профессионального цикла**

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

(часть 1)

**для всех форм обучения
направления подготовки 15.04.02
«Технологические машины и оборудование»**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**КАФЕДРА «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗАВОДОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ»
ИМ. ПРОФ. СЕДУША В.Я.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к организации самостоятельной работы по дисциплине
вариативной части по выбору вуза профессионального цикла
МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

(часть 1)

**для студентов всех форм обучения
направления подготовки 15.04.02
«Технологические машины и оборудование»**

Рассмотрены на заседании
кафедры «Механическое оборудование
заводов черной металлургии»
им. проф. Седуша В.Я.
Протокол № 11 от 03.04.2017 г.

Утверждены на заседании
учебно-издательского совета ДОННТУ
Протокол № ____ от __.__. 20__ г.

Донецк
ДОННТУ
2017

УДК 669. (075.8)

Методические указания к организации самостоятельной работы по дисциплине вариативной части по выбору вуза профессионального цикла «Методы неразрушающего контроля (часть 1)» для студентов всех форм обучения направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» / сост.: В. А. Сидоров. – Донецк: ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2017. – 13 с.

Отображены цель и задачи самостоятельной работы студентов по курсу «Методы неразрушающего контроля (часть 1)» и последовательность действий студентов, направленных на достижение требуемых результатов в усвоении теоретического и практического материала.

Составители: Сидоров В.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. проф. Седуша В.Я.

Рецензенты: д.т.н., профессор А.П. Кононенко
к.т.н., доцент Е.В. Ошовская

Ответственный за выпуск:
к. т. н., профессор А. Л. Сотников

Вопрос № 1. Контроль состояния приповерхностного слоя сталепрокатных валков.

Ответ. В данное время в горно-металлургической промышленности актуальным вопросом является отслеживание технического состояния валков горячей прокатки с целью уменьшения вероятности их преждевременного выхода из строя вследствие значительных нагрузок, тепловых и химических воздействий при непрерывном режиме прокатки стальных листов.

Метод контроля состояния сталепрокатных валков должен быть бесконтактным, обеспечивать распознавание внутренних дефектов - трещин на стадии их зарождения, и поверхностных, если внутренние трещины уже раскрылись на поверхности. **ЭМА способ** основан на трех эффектах взаимодействия электромагнитного поля с объектом контроля (ОК): магнестрикции, магнитного и электродинамического взаимодействия. Электродинамическое взаимодействие состоит в возбуждении в токопроводящем материале вихревых токов, которые взаимодействуют с постоянным магнитным полем и вызывают колебания «электронного газа», а это, в свою очередь, приводит к возбуждению колебаний атомов, т.е. кристаллической решетки материала (появляются механические напряжения, которые впоследствии приводят к возникновению упругих акустических колебаний).

С помощью ЭМА преобразователей удастся возбудить различные волны: горизонтальной, вертикальной поляризации, продольные, поперечные, Лэмба, Релея и т.д. Наиболее приемлемыми являются **наклонные поперечные волны горизонтальной поляризации**, что обусловлено ее минимальным коэффициентом затухания, дифракции, преломления в структуре металла. Волны данного типа можно возбудить с помощью пространственно-периодической системы магнитов, как показано на рис.1.

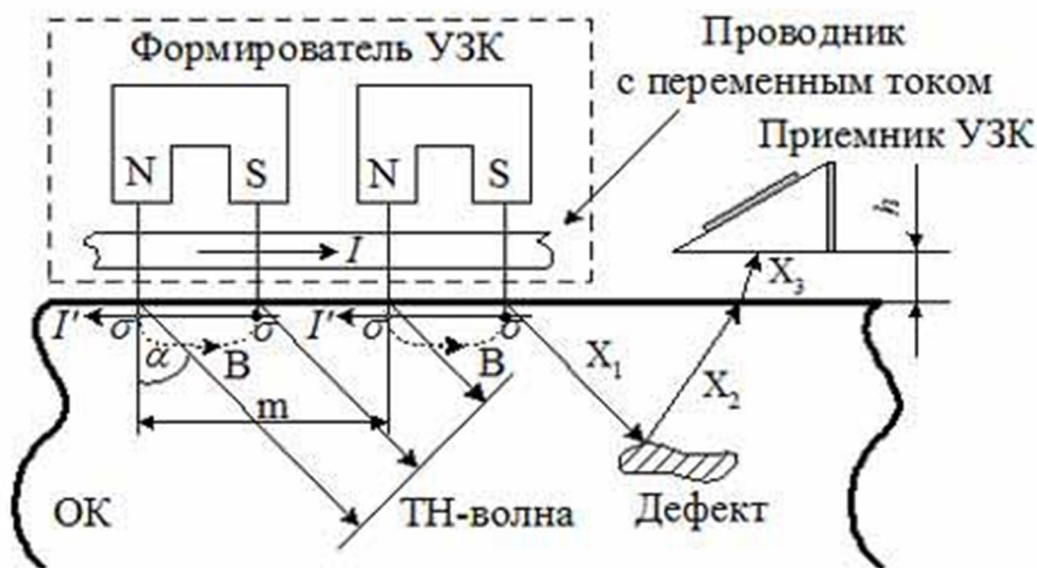


Рисунок 1 - Возбуждение акустической волны ЭМА способом

Одним из важнейших достоинств ЭМА-метода является возможность его использования при высоких температурах (до 1300°C), а так же то, что он является бесконтактным с ОК, недостатками же следует считать громоздкость преобразователей из-за необходимости сильного подмагничивания и малый коэффициент преобразования.

Вопрос № 2. Контроль проката

Ответ. Прокат изготавливают поточными способами, поэтому крайне желательно повышение производительности контроля. Контроль обычно ведут автоматическими установками, механизированными средствами. Для сохранения акустического контакта при быстром движении применяют иммерсионный или щелевой контакт. Дефекты обычно вытянуты вдоль направления прокатки.

Акустический НК основан на регистрации параметров упругих волн, возникающих или возбуждаемых в объекте. Чаще всего используют упругие волны ультразвукового диапазона (с частотой колебаний выше 20 кГц). Этот метод также называют ультразвуковым. Главная отличительная особенность данного метода состоит в том, что в нем применяют и регистрируют не электромагнитные, а упругие волны, параметры которых тесно связаны с такими свойствами материалов, как упругость, плотность, анизотропия (неравномерность свойств по различным направлениям) и др.

Листы толщиной 3 мм и более контролируют продольными волнами в направлении толщины. На автоматических установках с иммерсионным контактом контроль ведут эхо-, эхосквозными и (более тонкие листы) теневыми методами. Листы толщиной 2 мм и менее контролируют эхометодами с помощью волн Лэмба.

Прутки и заготовки круглого и квадратного сечения контролируют эхометодом прямым, а иногда также наклонным преобразователем. Для уменьшения мертвой зоны используют раздельно-совмещенный преобразователь. Применяют частоты 2...5 МГц. Уровень фиксации 3...7 мм², иногда его настраивают по боковому отверстию диаметром 2...3 мм, просверленному вдоль оси прутка.

Бесшовные трубы контролируют эхометодом (рис. 1). Для контроля применяются автоматические иммерсионные установки. Труба обычно проходит через локальную ванну с сальниками, предотвращающими вытекание воды, где в нее вводят ультразвуковые колебания. При контроле труб диаметром 50...100 мм и менее обычно применяют фокусирующие преобразователи.

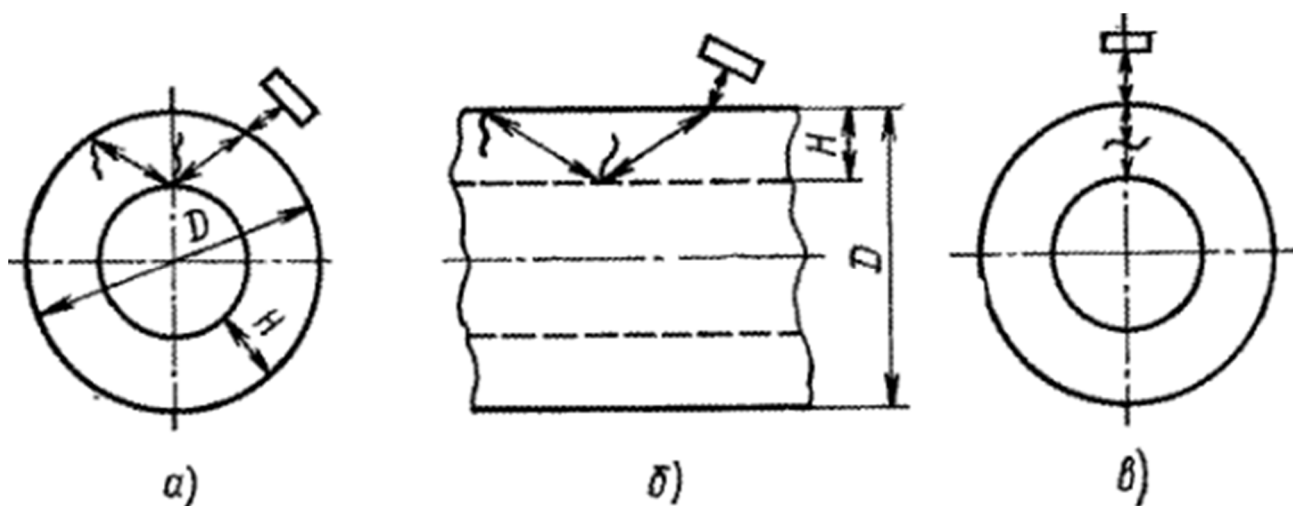


Рис. 1 Схема дефектоскопии труб:

а – выявление продольных эффектов; б – выявление поперечных дефектов; в – контроль дефекта типа расслоение.

Рельсы контролируют как в процессе производства так и при эксплуатации. Наиболее распространенные внутренние дефекты рельсов расположены в шейке 2 (рис. 2) и вблизи ее перехода в головку 1 и подошву 3. Они представляют собой расслоения, трещины, сосредоточенные ликвидации, ориентированные вертикально 4. В головке рельса встречаются газовые пузыри, усталостные трещины, изломы и флокены 5.

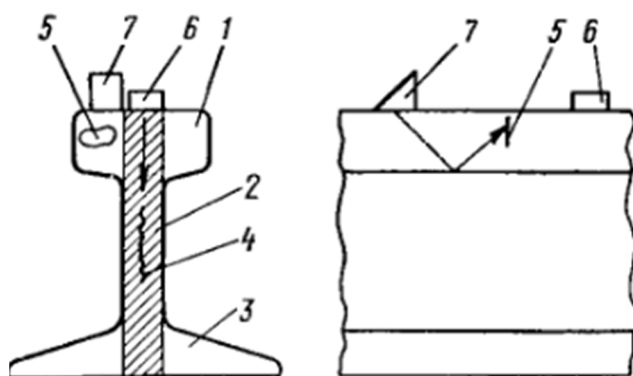


Рис. 2 Схема контроля рельсов

Вопрос № 3. Контроль заготовок под сварку и сварных швов

Ответ. Внешним осмотром проверяют качество подготовки и сборки заготовок под сварку, качество выполнения швов в процессе сварки и качество готовых сварных соединений. Обычно внешним осмотром контролируют все сварные изделия независимо от применения других видов контроля.

Контроль заготовки и сборки. Внешнему осмотру подвергают свариваемые материалы для выявления (определения отсутствия) вмятин, заусенцев, окалины, ржавчины и т. п. Проверяют качество подготовки кромок под сварку и сборку заготовок.

Осмотр готовых изделий. Внешним осмотром невооруженным глазом или с помощью лупы выявляют, прежде всего, дефекты швов в виде трещин, подрезов, пор, свищей, прожогов, наплывов, непроваров в нижней части

швов. Многие из этих дефектов, как правило, недопустимы и подлежат исправлению. При осмотре выявляют также дефекты формы швов, распределение чешуек и общий характер распределения металла в усилении шва.

Тщательный внешний осмотр. Тщательный внешний осмотр — обычно весьма простая операция, тем не менее может служить высокоэффективным средством предупреждения и обнаружения дефектов. Только после проведения визуального контроля и исправления недопустимых дефектов сварные соединения подвергают контролю другими физическими методами (рентгеновский контроль, ультразвуковой контроль, капиллярный контроль) для выявления внутренних и поверхностных дефектов.

Визуальный контроль во многих случаях достаточно информативен и является наиболее дешевым и оперативным методом контроля.

Вопрос № 4. Контроль состояния стальных канатов

Ответ. В настоящее время стальные канаты получили большое распространение в различных областях техники: подвесные канатные дороги, шахтное и лифтовое оборудование, подъемные краны и др. От их технического состояния зависит безопасность людей. Все это предполагает необходимость тщательного контроля состояния каната на предмет разрешения его дальнейшей эксплуатации.

Наиболее эффективными являются **электромагнитные методы** контроля состояния стальных канатов, которые позволяют проводить определение повреждений практически всех типов. Магнитный НК основан на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом. Как правило, его применяют для контроля объектов из ферромагнитных материалов. По характеру взаимодействия физического поля с объектом этот вид контроля не дифференцируют: во всех случаях используют намагничивание объекта и измеряют параметры, используемые при контроле магнитными методами.

МД конструктивно представляет собой совокупность намагничивающего устройства с источниками магнитного поля, которыми являются электромагниты или постоянные магниты и магниточувствительных элементов для измерения топологии магнитного поля. В зависимости от типа контролируемого каната и механизма в котором он применяется конструкция этого модуля может различной (рис. 1, а- для канатов двойной свивки, б- для несущих канатов подвесных канатных дорог).

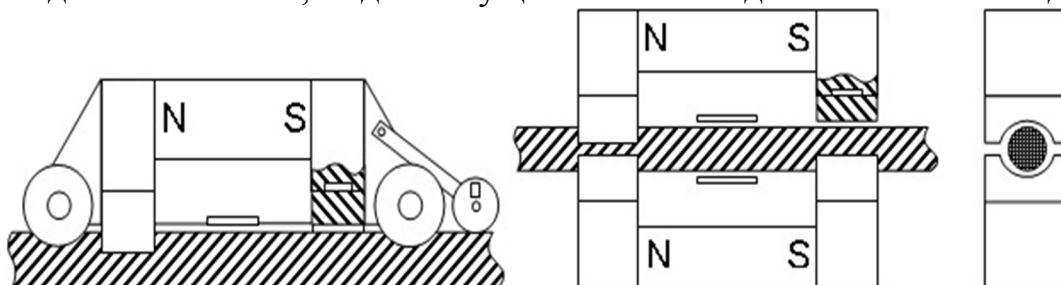


Рис. 1 – Варианты конструктивного исполнения магнитного датчика дефектоскопа

В ЮРГТУ (НПИ) в настоящее время создан и проходит испытания опытный образец устройства для контроля геометрических параметров стальных канатов, таких как его диаметра и волнистости стальных канатов.

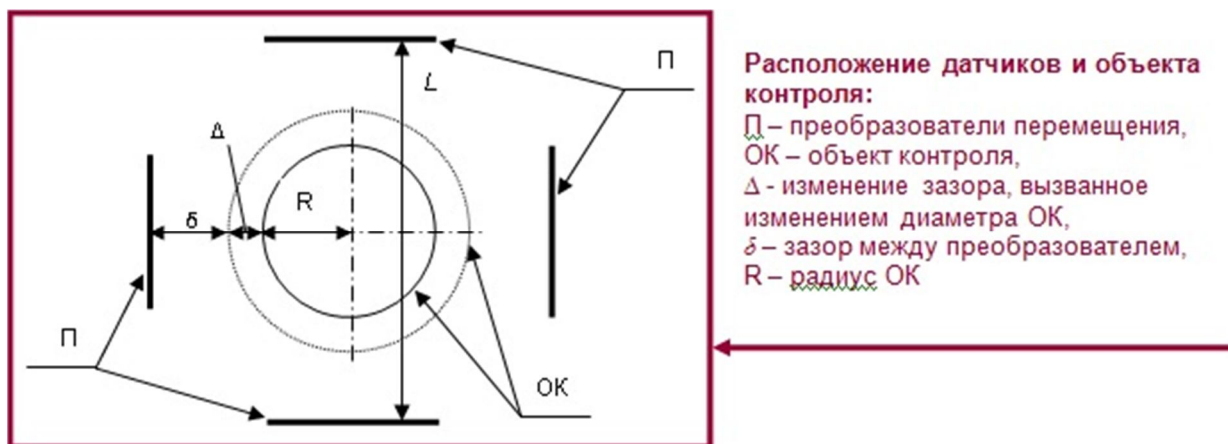


Рис.2 Расположение датчиков и объекта контроля.

При осуществлении перемещения устройства по длине контролируемого каната (рис. 3) определяется профиль на контролируемом участке и рассчитывается параметр волнистости и ее шаг H_B :

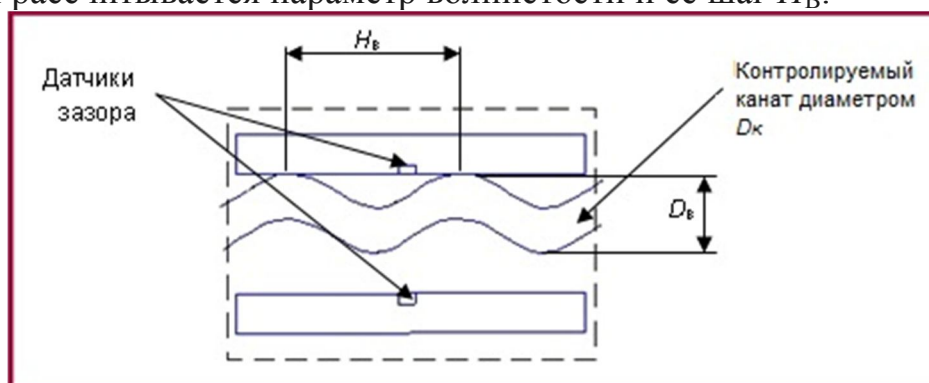


Рис.3 – К определению параметров волнистости стального каната.

Применение магнитного неразрушающего контроля позволит обеспечить безопасную эксплуатацию особо опасных промышленных объектов, сохранить человеческие жизни, предотвратив многие катастрофы.

Вопрос № 5. Контроль прокатных валков

Ответ. Контроль состояния металла с использованием метода МПМ на рабочих и опорных валках до и после выполнения на них восстановительных технологий ремонта позволяет оценить качество этих технологий, структурные изменения металла, уровень и распределение остаточных напряжений. При контроле новых валков на заводах изготовителях с использованием метода МПМ предоставляется возможность выполнять оценку качества самой технологии изготовления.

Метод магнитной памяти металла (ММПМ) — метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации собственных

магнитных полей рассеяния (СМПП), возникающих на оборудовании в зонах концентрации напряжений (КН) под действием рабочих нагрузок.

На рис.1 представлена схема контроля методом МПМ по рабочей поверхности валков.

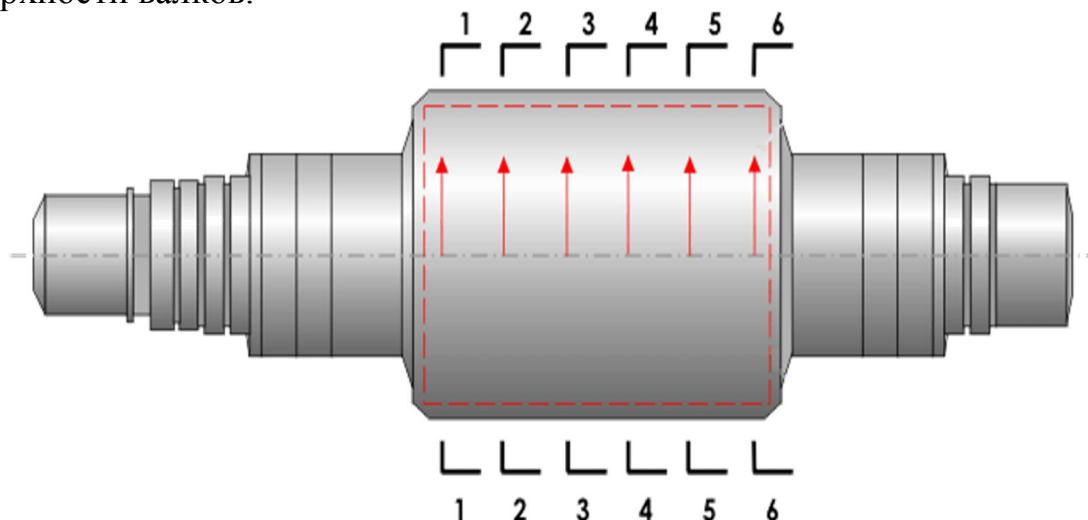


Рис.1. Схема контроля методом МПМ по рабочей поверхности валков: --- зона контроля рабочей поверхности вала; 1, 2, 3, 4, 5, 6 - номера сечений; -> - направление движения регистрирующего устройства прибора типа ИКН.

Приборы типа ИКН являются уникальными средствами измерений и имеют ряд существенных отличий от производимых в России и за рубежом измерителей напряженности магнитного поля (магнитометров) на основе феррозондовых преобразователей. Их уникальность заключается как в функциональном назначении (определение зон концентрации напряжений - основных источников развития повреждений оборудования), так и в конструктивных специфических особенностях, заметно выделяющих их среди известных магнитометров.

На рис.2 представлены результаты контроля методом МПМ опорного вала Ø350 (сечение 6 по схеме рис.1) лентопротяжной установки до термической обработки "вываркой" (рис.2,а) и после термической обработки (рис.2,б).

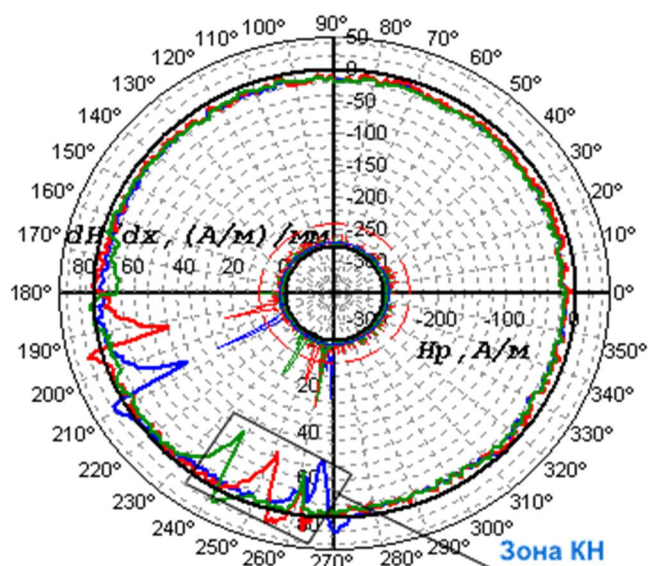


Рис.2а. Результаты контроля методом МПМ до термической обработки.

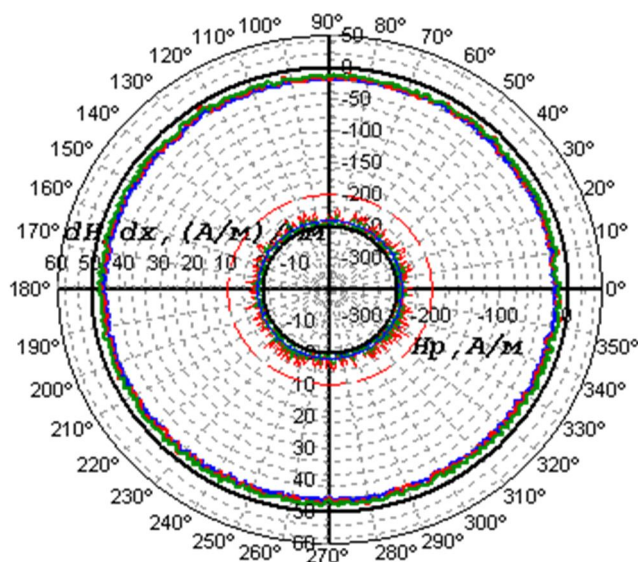


Рис.2б. Результаты контроля методом МПМ после термической обработки.

Вопрос № 6. Эксплуатационный контроль авиационной техники

Ответ. Необходимость применения неразрушающего контроля (НК) в авиации выдвигает исключительно высокие требования к аппаратуре и квалификации разработчиков методик, что связано с большим разнообразием формы и сложностью контролируемых узлов. При этом, наиболее часто необходимо контролировать зоны концентрации напряжений: отверстия под крепежные элементы, кромки панелей, галтельные переходы и т.п.

При обслуживании авиационной техники наибольший объем контрольных операций выполняется вихретоковым методом НК. **Вихретоковый НК** основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых

токов, наводимых в контролируемом объекте. В этом методе используется эффект воздействия вихревых токов, возбуждаемых в проводящем образце, на электрические параметры преобразователя.

Выявление дефектов под обшивкой. Рассмотрим методику выявления дефектов в виде сквозных трещин между заклепочными отверстиями в нижнем листе обшивки (т.е. через слой толщиной 1,4 мм). Расстояние между краями заклепок составляет 8 мм. Стандартный образец (СО) для отработки методики представлен на рис. 2. На СО предусмотрено две зоны контроля: одна зона (слева) отвечает случаю бездефектного соединения; вторая зона имитирует двухслойное соединение с трещиной, которая проходит между заклепками во втором слое.

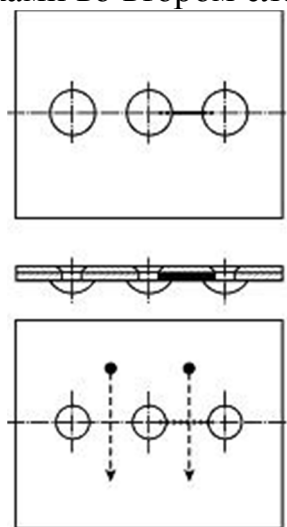


Рис. 1. Стандартный образец, имитирующий двухслойное заклепочное соединение с дефектом.

Контроль барабанов авиационных колес. Преимущество вихретокового метода в сравнении с цветной дефектоскопией определяется возможностью выявления трещин без снятия оксидных пленок, защитного грунта и краски. На многих ремонтных предприятиях гражданской авиации внедрение вихретокового контроля позволило увеличить количество посадок самолета без осмотра с 50 до 350. В литых барабанах выявляют шлаковые и флюсовые включения, окисные пленки и трещины. В штампованных барабанах выявляют трещины и окисные пленки. На первых этапах внедрения вихретокового метода для контроля барабанов дефекты было выявлено в 6 % изделий. Особенное внимание уделяют контролю галтельных переходов и реборды барабанов колес. В соответствии со штатной технологией контроля применяется два типа сканирования: круговое и зигзагообразное.

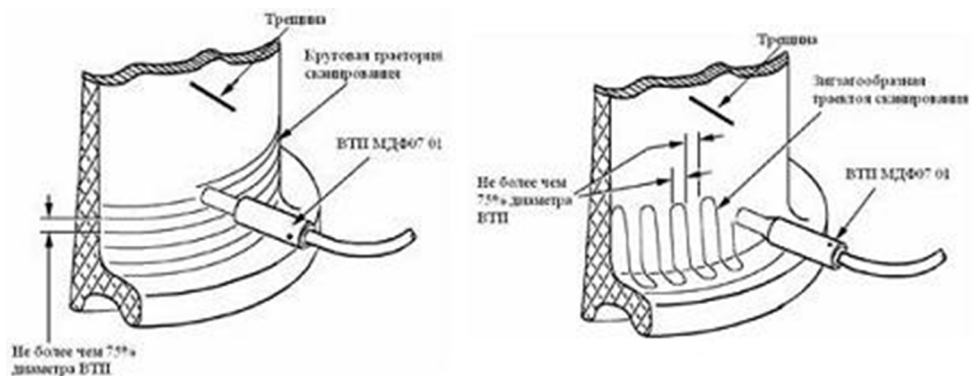


Рис. 2. Схемы сканирования при контроле колес.

Дефектоскоп вихретоковый ВД 3-71 относится к средствам контроля и оценки дефектов. Предназначен для ручного контроля вихретоковым методом на наличие поверхностных и подповерхностных дефектов типа нарушения сплошности материала (трещины, закаты, раковины, волосовины и др.), в том числе для: контроля отдельных отрезков несущих конструкций; контроля балок, трубопроводов, труб различного диаметра, стержней, полосок, кабелей в оболочках; контроля деталей авиационной техники; контроля железнодорожных колёс и рельсов. Дефектоскоп может применяться для контроля продукции при ее производстве и в процессе эксплуатации службами неразрушающего контроля и лабораториями предприятий, обеспечивающими контроль качества продукции. Дефектоскоп обеспечивает возможность обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов протяженностью не менее 2 мм в деталях из металлов и сплавов, в том числе ферромагнитных, с относительной магнитной проницаемостью более 1 и электропроводностью от $1 \cdot 10^6$ до $6 \cdot 10^7$ См/м.

Вопрос № 7. Методика капиллярной дефектоскопии

Ответ. Капиллярная дефектоскопия применяется при необходимости выявления малых по величине дефектов, к которым не может быть применен визуальный контроль. Капиллярная дефектоскопия применяется в таких отраслях промышленности, как энергетика, авиация, ракетная техника, судостроение, металлургия, химическая промышленность, автомобилестроение. Капиллярная дефектоскопия используется при мониторинге ответственных объектов перед приемкой и в процессе эксплуатации.

Капиллярный контроль (КК) - метод неразрушающего контроля, основанный на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля.

Процесс выявления несплошностей капиллярным методом подразделяют на пять стадий:

1. Подготовка объекта (очистка) ;
2. Заполнение полостей индикаторным пенетрантом;

3. Удаление излишков индикаторного пенетранта;
4. Нанесение проявителя;
5. Контроль

Приборы, оборудование и средства контроля, применяемые при капиллярном контроле:

1. Наборы для капиллярной дефектоскопии (очистители, проявители, пенетранты);
2. Пульверизаторы;
3. Пневмогидропистолеты;
4. Источники ультрафиолетового излучения;
5. Контрольные образцы для капиллярной дефектоскопии

К достоинствам капиллярных методом дефектоскопии относятся простота операции контроля и применимость к широкому ряду материалов. С помощью капиллярной дефектоскопии не только выявляются поверхностные или сквозные дефекты, но и получается ценная информация об их расположении, протяженности, ориентации и форме, что, как правило, облегчает понимание причин возникновения этих дефектов.