

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Контроль авиационных конструкций с применением
магнитопорошкового дефектоскопа ПМД-70**

Электронные методические указания к лабораторной работе

САМАРА

2010

УДК 629.7 + 004.9

ББК 39.5

Т 468

Авторы-составители: **Макаровский Игорь Мстиславович,**
Тиц Сергей Николаевич

Рецензенты: доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности В. Н. Вякин;
доцент кафедры эксплуатации авиационной техники В. А. Прилепский.

Редакторская обработка С.Н. Тиц

Компьютерная верстка С.Н. Тиц

Доверстка С.Н. Тиц

Контроль авиационных конструкций с применением магнитопорошкового дефектоскопа ПМД-70 [Электронный ресурс] : электрон. метод. указания к лаб. работе / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. И. М. Макаровский; С. Н. Тиц. – Электрон. текстовые и граф. дан. (0,54 Мбайт). - Самара, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания входят в единый методический комплекс, включающий теоретический материал и методические указания к шести лабораторным работам. Комплекс лабораторных работ создан с использованием современных средств неразрушающих методов контроля, полученных университетом в ходе выполнения инновационной образовательной программы «Развитие центра компетенций и подготовки специалистов мирового уровня в области аэрокосмических и геоинформационных технологий».

Методические указания предназначены для магистрантов факультета инженеров воздушного транспорта в рамках магистерской программы «Контроль, динамика и испытания систем авиационной техники» по направлению 162300.68 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», изучающих дисциплину «Методы неразрушающего контроля авиационных конструкций».

Методические указания разработаны на кафедре эксплуатации авиационной техники.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

Цель работы.

Ознакомление с назначением и физической сущностью магнитопорошкового метода контроля, принципом работы и устройством магнитопорошкового дефектоскопа; получение практических навыков в разработке рабочей методики и проведении магнитного контроля заданного объекта.

1. Теоретическая часть

1.1. Назначение и физическая сущность метода

Назначение.

Магнитопорошковый метод предназначен для выявления поверхностных дефектов (трещин, закатов, волосовин, не проваров и т.д.) на деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов (сталей). Метод позволяет обнаруживать дефекты, имеющие раскрытие более 0,001 мм, глубину более 0,01 мм и длину более 1 мм без удаления тонких слоёв (до 50 мкм) лакокрасочных и металлических (немагнитных) покрытий, прост в освоении и обладает высокой производительностью. Аппаратура метода хорошо приспособлена для работы в цеховых и полевых условиях.

В условиях эксплуатации АТ метод широко применяется для выявления усталостных трещин на начальных этапах их развития. Магнитному контролю подвергаются практически все ответственные детали и узлы планера, шасси и других систем ВС.

К недостаткам метода следует отнести сложность обеспечения качественного размагничивания конструкций после проведения контроля, что отрицательно влияет на работу узлов трения и навигационных приборов (компасов).

Физическая сущность метода.

Выявление дефектов с использованием магнитопорошкового метода основано на создании искусственного оптического контраста дефекта на фоне поверхности детали. Это достигается путем обработки поверхности предварительно намагниченной детали контрастно окрашенным магнитным порошком. Частицы порошка, оседая над участками с пониженной магнитной проницаемостью (дефектами), образуют контрастно окрашенные магнитные валики, повторяющие конфигурацию и увеличивающие видимые размеры дефектов. По конфигурации и контрастности валика судят о характере выявленного дефекта (трещина, включение и т. д.), его размерах (длина, раскрытие, глубина) и ориентации.

Чувствительность метода во многом зависит от степени намагниченности детали в момент обработки магнитным порошком. Намагничивание деталей проводят в магнитном поле определённой напряженности.

Магнитная индукция B (рис. 1), действующая в материале детали при намагничивании, зависит от его магнитной проницаемости μ_a и напряженности намагничивающего поля H .

После снятия намагничивающего поля магнитная индукция уменьшается до некоторого остаточного уровня, определяемого напряжённостью намагничивающего поля свойствами материала и конфигурацией детали. Чем выше напряженность намагничивающего поля H , магнитная жесткость материала H_c и удлинение детали K (отношение длины детали к диаметру), тем больше остаточная магнитная индукция, вплоть до значения B_r .

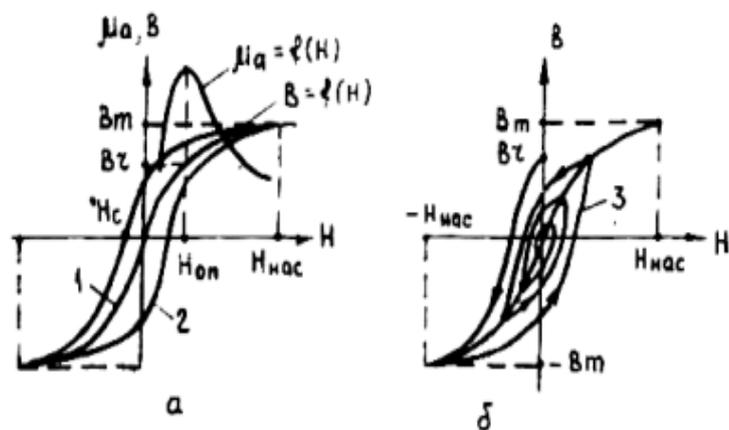


Рисунок 1 - Кривые намагничивания и перемагничивания стали: а - в постоянном магнитном поле; б - в убывающем переменном магнитном поле

Каждой стали и её термической обработке соответствуют определенные параметры кривой намагничивания 1 и перемагничивания 2. Стали (таблица 1), которые после снятия внешнего поля $H_{нас}$ оказываются слабо намагничены ($H_c < 10 \text{ А/см}$, и $Br < 1 \text{ Т}$) считаются магнитомягкими, а с большей коэрцитивной силой H_c и остаточной намагниченностью Br — магнитожёсткими. В группу магнитожёстких входит большая часть закаленных конструкционных сталей (ст. 45, 65Г, 30ХГСА, 30ХГСНА, 38ХМЮА и т. д.), в тоже время в отожжённом или нормализованном состоянии их относят к магнитомягким.

Таблица 1 - Магнитные характеристики некоторых конструкционных сталей

Марка стали	Термообработка	H_c , А/см	Br , Т	$H_{нас}$, А/см
25А	В состоянии поставки	3,2	1,17	56
45	Закаленная	21,6	1,18	152
ШХ15	То же	36	0,79	176
38ХА	То же	12	1,45	52
30ХГСА	То же	12	1,33	64
40ХНМА	То же	12	1,15	136
30ХГСНА	То же	19,2	1,16	112
1Х12Н2ВМФ	То же	23,2	0,67	96
65Г	То же	16	1,04	72

Намагниченная деталь имеет собственное магнитное поле, конфигурация и параметры которого зависят от способа намагничивания (рис. 2).

В практике эксплуатационного контроля наиболее широкое распространение получил способ намагничивания импульсным полем (импульсным током). Длительность импульса намагничивающего импульса тока в этом случае обычно не превышает 0,05с, что позволяет получить поверхностное магнитное поле (рис. 2б), которое обладает достаточно высокой чувствительностью к поверхностными дефектам и легко удаляется при размагничивании деталей. При контроле деталей с подповерхностными дефектами, а также деталей изготовленных из магнитомягких сталей, используют постоянное

намагничивающее поле (постоянный ток), которое проникает во внутренние слои материала и трудно удаляется (рис.2а).

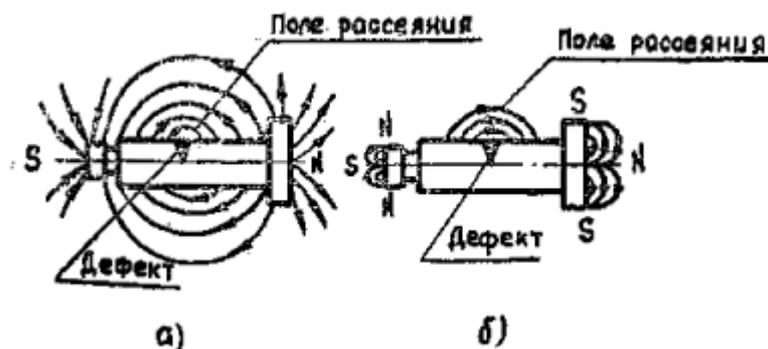


Рисунок 2 - Магнитное поле детали при полюсном намагничивании постоянным (а) и импульсным (б) полем

Возникающие над дефектом искажения магнитного поля (поле рассеяния дефекта) отличается высокой степенью неоднородности (напряженность поля быстро убывает при удалении от краёв дефекта), благодаря чему здесь создаются благоприятные условия для затягивания и осаждения частиц магнитного порошка.

Интенсивность полей рассеяния зависит от глубины и раскрытия дефекта, ориентации плоскости дефекта относительно направления намагничивания, магнитных свойств материала детали, степени намагниченности материала и ряда других факторов. Наиболее высокой интенсивностью обладают поля рассеяния, возникающие над глубокими поверхностными дефектами малого раскрытия, плоскость которых ориентирована перпендикулярно к направлению намагничивания.

Необходимый для выявления дефекта заданных размеров уровень намагниченности детали достигается выбором соответствующего способа и режима намагничивания.

При контроле по способу приложенного поля (СПП) обработку детали магнитным порошком производят одновременно с намагничиванием. Напряженность намагничивающего поля при этом выбирают, исходя из ожидаемых размеров дефекта (H_{onm}).

При контроле по способу остаточной намагниченности (СОН) обработку детали магнитным порошком производят после снятия внешнего поля. Напряженность намагничивающего поля при этом выбирают равной или несколько большей $H_{нас}$.

Осаждение магнитного порошка над дефектом происходит по следующей схеме.

Вначале наблюдается слипание (коагуляция) частиц порошка под воздействием магнитных полей детали и дефекта в вытянутые цепочки (иглочки), которые перемещаются в зону максимальной неоднородности поля (к краям дефекта) и образуют здесь магнитный валик. Длина и скорость движения цепочек, а, следовательно, высота и ширина валика, определяющие чувствительность контроля, зависят от магнитных и геометрических свойств частиц порошка и их подвижности в дисперсионной среде (воздух, органические жидкости, вода). Наиболее высокой чувствительностью обладают цепочки, имеющие длину около 0,2 мм, взвешенные в маловязкой среде (воздух, керосин, вода и т.д.) и образованные из частиц порошка диаметром около 0,01мм с высокой магнитной восприимчивостью.

Размагничивание деталей после магнитного контроля проводят с целью снятия остаточной намагниченности детали. Теоретически можно использовать несколько способов размагничивания (нагрев, удары, помещение в убывающее переменное магнитное поле и т.д.), однако только способ нагрева детали до температуры, близкой к точке Кюри, гарантирует её полное размагничивание. При других способах

размагничивания обычно сохраняется некоторый остаточный уровень намагниченности конструкции.

При размагничивании авиационных конструкций наиболее часто используют способ размагничивания в убывающем переменном магнитном поле. Физической основой данного способа размагничивания является сокращение петли перемагничивания (см. рис. 1б) при снижении напряженности переменного магнитного поля.

Процесс размагничивания в этом случае заключается в помещении детали в убывающее до нуля переменное магнитное поле, начальная напряженность которого несколько больше поля намагничивания. При этом, чем медленнее происходит снижение напряженности размагничивающего поля и ниже его частота, тем выше качество размагничивания детали. В силу конечных значений обоих параметров и ряда других факторов добиться полного размагничивания деталей данным способом не удаётся. Особую сложность представляет процесс размагничивания деталей малого удлинения, изготовленных из магнитожёстких сталей.

1.2. Аппаратура и материалы для магнитопорошкового контроля

Магнитопорошковый дефектоскоп ПМД-70

Назначение и основные технические данные.

Переносной магнитный дефектоскоп ПМД-70 предназначен для проведения полного комплекса операций магнитопорошкового контроля. Он позволяет проводить контроль ферромагнитных деталей, как в цеховых, так и в полевых условиях. Для намагничивания и размагничивания деталей в комплект дефектоскопа входят электромагнит, катушка, гибкий кабель и ручные контакты (карандаши). Питание намагничивающих устройств осуществляется от источников импульсного, постоянного или переменного тока.

Питание дефектоскопа осуществляется от источника постоянного тока с напряжением 24В или от сети переменного тока напряжением 220 В.

Максимальная потребляемая мощность составляет не более 250 Вт. Величина импульса тока при намагничивании (размагничивании) гибким кабелем около 1000 А.

Напряженность магнитного поля в центре зазора электромагнита (100 мм), а также в центре катушки плавно регулируется в пределах от 0 до 200А/см.

При питании катушки от сети переменного тока (220 В) напряженность поля (без детали) достигает 400А/см.

Дефектоскоп с принадлежностями размещен в двух укладочных чемоданах.

Масса дефектоскопа с принадлежностями не превышает 48 кг.

Блок-схема и конструкция.

Дефектоскоп состоит из ряда функционально связанных блоков (рис. 3): блока питания (БП), импульсного блока (БИ), блока управления (БУ) и комплекта намагничивающих устройств (НУ).

Блок питания служит для преобразования напряжения питания и подачи его к потребителям.

Импульсный блок в режиме намагничивания формирует мощные одиночные импульсы тока, а в режиме размагничивания — серию разнополярных убывающих по амплитуде импульсов.. Цикл импульсного размагничивания составляет около 50с.

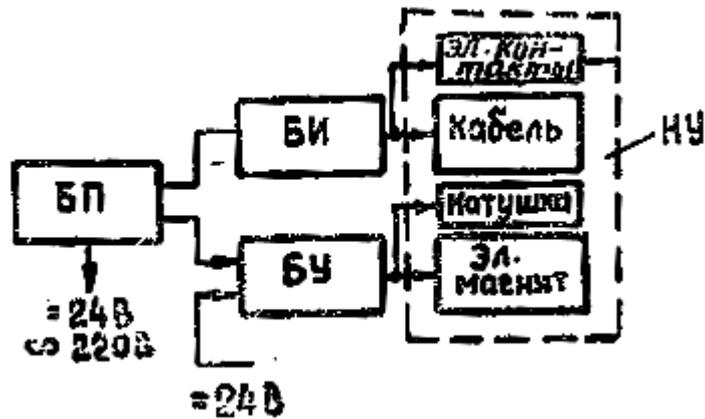


Рисунок 3 - Блок – схема дефектоскопа ПМД – 70

Блок управления позволяет регулировать величину тока в обмотках электромагнита или катушки и изменять его направление. В режиме размагничивания он обеспечивает снижение тока с автоматической коммутацией его направления. Блок управления массой около 5 кг можно извлекать из корпуса дефектоскопа и использовать автономно. В этом случае он работает от сети постоянного тока с напряжением 24 В.

Электромагнит шарнирного типа обеспечивает намагничивание и размагничивание отдельных участков деталей сложной конфигурации. Электромагнит оснащается универсальными полюсными наконечниками с «утопающими» стержнями, что позволяет создавать хороший магнитный контакт с поверхностями сложной конфигурации. Число витков обмоток электромагнита 2х1000

Катушка представляет собой двух обмоточный соленоид, который позволяет проводить намагничивание и размагничивание деталей диаметром до 100 мм. Катушка может быть подключена к блоку управления, а также непосредственно к сети переменного (220 В) или постоянного (24 В) тока. Число витков обмотки катушки 2Х1000.

На передней панели дефектоскопа (рис. 4) размещены основные органы управления, контроля и сигнализации, а также гнезда для подключения гибкого кабеля, кабелей питания и намагничивающих устройств.

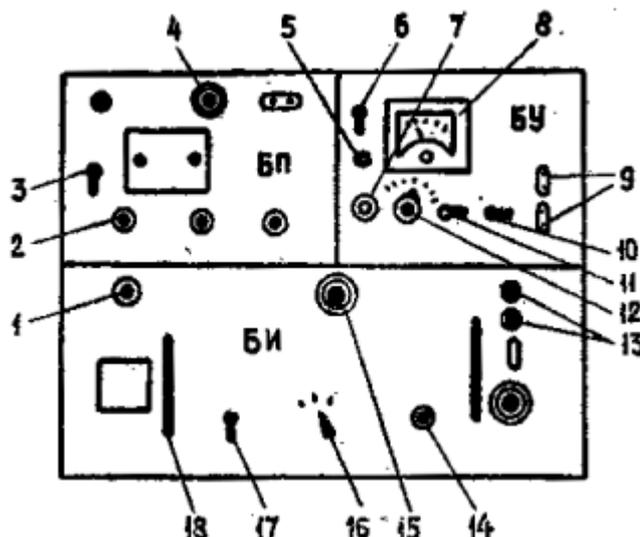


Рисунок 4 - Передняя панель дефектоскопа ПМД - 70

Режимы работы дефектоскопа.

Импульсное намагничивание гибким кабелем (по СОН).

1. Соединить кабелем БП с БИ.(разъём 15).
2. Подвести питание (220 В) к БП (разъём 2).
3. Намотать гибкий кабель на деталь.
4. Подключить гибкий кабель к цанговым зажимам 13.
5. Выключателем «Питание» 3 подать питание на БП.
6. Проверить наличие питания по загоранию сигнальной лампы 4.
7. Выключателем 17 подать питание на БИ.
8. Переключатель 16 поставить в положение «Намагничивание».
9. Проверить готовность БИ по сигнальной лампе 15 (не горит).
10. Нажать кнопку «Пуск» 14 и произвести намагничивание детали.
11. Отключить питание БИ выключателем 17
12. Отключить и снять гибкий кабель с детали.
13. Отключить питание БП выключателем «Питание» 3.
14. Произвести обработку детали суспензией и осмотреть.

Импульсное размагничивание гибким кабелем.

1. Выполнить пункты 1...7 режима «Импульсное намагничивание».
2. Переключатель 16 перевести в положение «Размагничивание».
3. Выполнить пункты 9...13 режима «Импульсное намагничивание».
4. Проверить качество размагничивания детали.

Импульсное намагничивание и размагничивание ручными контактами (по СОН.)

Данный режим реализуется в последовательности, соответствующей режимам «Импульсное намагничивание» и «Импульсное размагничивание», но вместо гибкого кабеля к цанговым зажимам (БИ) подключают ручные контакты типа «Карандаш».

Намагничивание в цепи электромагнита (по СПП).

1. Соединить кабелем БП и БУ (разъём 7)
2. Подключить БП к сети переменного тока с напряжением 220В (напряжение 24В подводят непосредственно к БУ).
3. Подключить к розетке БУ вилку электромагнита.
4. Выключатель 3 перевести в положение «Включено».
5. Переключатель на колодке электромагнита поставить: в положение «Включено».
6. Переключатель 10 на БУ поставить в положение «Намагничивание».
7. Установить электромагнит на деталь в соответствии со схемой намагничивания.
8. Переключатель 11 поставить в положение «Напряжение».
9. Проверить напряжение питания по вольтметру 8.
10. Перевести переключатель 11 в положение «Ток».
11. Установить расчетный ток ручкой 12.
12. Нанести на деталь магнитную суспензию и осмотреть.
13. Переключатель электромагнита перевести в положение «Выключено».
14. Выключатель питания 6 поставить в положение «Выключено».
15. Отключить питание дефектоскопа выключателем 3.

Размагничивание в цепи электромагнита.

Выполнить пункты 1...5 режима «Намагничивание в цепи электромагнита».

1. Переключатель 10 поставить в положение «Размагничивание».

2. Ручку 12 «Ток» установить на максимальный ток, а затем плавно за 14...15 с. перевести на минимум.
3. Перевести переключатель электромагнита в положение «Выключено».
4. Выключатель 6 поставить в положение «Выключено».
5. Выключателем 3 отключить питание дефектоскопа.
6. Провести проверку качества размагничивания детали.

Намагничивание и размагничивание в поле катушки с питанием от БУ (по СПП).

Проводят в последовательности, аналогичной режиму «Намагничивание (размагничивание) в цепи электромагнита». Отличительной особенностью является то, что вместо электромагнита к БУ подключают катушку (соленоид).

Намагничивание в поле катушки с питанием от сети 220В (по СОН).

1. Подключить вилку катушки к розетке питания.
2. Поместить деталь в катушку.
3. Установить переключатель на панели катушке в положение «Переменный ток»
4. Нажать рычаг выключателя на панели катушки на 1—2с.
5. Вынуть деталь из катушки.
7. Отключить вилку катушки от розетки питания.
8. Произвести обработку детали суспензией и осмотреть.

Размагничивание в поле катушки с питанием от сети 220В.

Размагничивание деталей проводят в последовательности, соответствующей режиму «Намагничивание». Отличительной особенностью данного режима от предыдущего является то, что рычаг выключателя катушки удерживают в нажатом положении до тех пор, пока деталь не будет отнесена от катушки на расстояние 0,5...1м.

Магнитные порошки и суспензии

При контроле деталей со светлой поверхностью обычно используют магнитный порошок черного цвета (Fe_3O_4). Размер основной массы частиц порошка не превышает 0,03мм, а средний диаметр частиц составляет около 0,01мм.

При эксплуатационном контроле наиболее часто применяют суспензию порошка в керосине с добавлением трансформаторного масла (МК-8).

Количество порошка в суспензии и её вязкость подбирают с учетом способа нанесения и необходимой чувствительности контроля. Так, при контроле деталей без демонтажа из конструкции (полив из бачка) на 1 л смеси керосина с маслом (1:1) берут 20...30г. магнитного порошка. В ходе контроля концентрацию порошка в суспензии можно уменьшить за счёт отстаивания. Стекающую с детали суспензию собирают в специальную ванночку, но повторно не используют (из-за загрязнения). Частицы магнитного порошка быстро оседают на дно бачка, поэтому каждый раз перед нанесением суспензии её необходимо тщательно перемешать путём взбалтывания.

1.3. Общие рекомендации по проведению магнитного контроля

Технология магнитопорошкового контроля зависит от способа контроля (рис.5) и состоит из ряда последовательно выполняемых операций: подготовка объекта и дефектоскопа и к проведению контроля, намагничивания, осмотра и размагничивания.

При контроле конструкций по способу остаточной намагниченности (СОН) операции намагничивания, обработки суспензией и осмотра выполняются последовательно друг за другом, а при контроле по способу приложенного поля (СПП) намагничивание, нанесение магнитного порошка и осмотр выполняются одновременно.



Рисунок 5 - Последовательность операций магнитопорошкового контроля по СОН (а) и СПП (б)

Подготовка объекта и дефектоскопа к проведению контроля.

Подготовка объекта заключается в обеспечении условий для проведения намагничивания и нанесения магнитного порошка. В зависимости от способа контроля проводят соответствующую подготовку контролируемой поверхности (промывку керосином, удаление ЛКП и т.д.) с целью обеспечения магнитного или электрического контакта с намагничивающим устройством. Толстые слои ЛКП (более 0,05мм) обычно удаляют специальным растворителем. Для исключения затекания суспензии во внутренние полости конструкции все отверстия, находящиеся в зоне обработки суспензией, заглушают пробками или замазывают консистентной смазкой. С целью повышения оптического контраста, при контроле конструкций с тёмной поверхностью чёрным магнитным порошком, на контролируемую поверхность пульверизатором или из баллона с проявителем ЦАН наносят тонкий (0,005—0,01 мм) слой белой нитроэмали.

При подготовке дефектоскопа, в зависимости от выбранного режима его работы, к месту проведения контроля подводят электропитание, а на бетонное покрытие стоянки укладывают резиновый коврик. Перед проведением контроля работоспособность дефектоскопа проверяют по выявлению дефектов на специальных эталонах.

Намагничивание..

Направление и напряжённость намагничивающего поля выбирают с учетом ориентации и размеров ожидаемых дефектов, а также магнитных характеристик материала конструкции. При этом стремятся к тому, чтобы направление силовых линий намагничивающего поля было перпендикулярным к плоскости ожидаемых дефектов, а напряженность намагничивающего поля достаточной для выявления дефектов заданных размеров.

На практике используются несколько способов намагничивания (рис.6).

Полюсное (продольное) намагничивание используют для выявления дефектов, ориентированных поперек продольной оси детали. Продольное поле возникает при помещении детали в поле катушки (соленоида) или между полюсами электромагнита. Данный способ намагничивания широко используют в практике эксплуатационного контроля для выявления усталостных трещин на деталях и узлах конструкций.

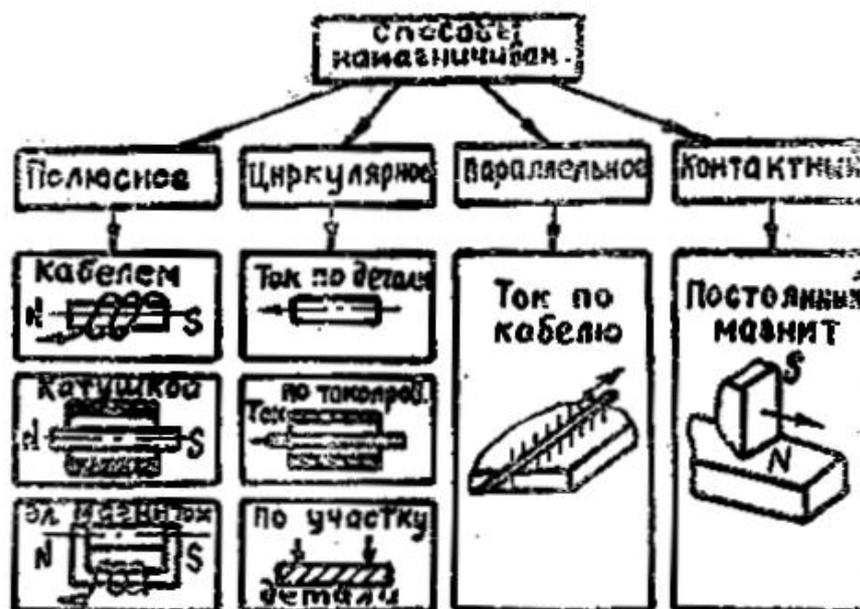


Рисунок 6 - Основные способы намагничивания деталей

Циркулярное намагничивание используют для выявления продольных и радиально-ориентированных дефектов. Циркулярное поле получают путем пропускания электрического тока по телу детали или по специальному токопроводу, помещённому внутрь детали. Способ циркулярного намагничивания наиболее широко используется в процессе изготовления и ремонта АТ для выявления термических и шлифовочных трещин, а также дефектов металла (волосовин, флокенов и т.д.).

Параллельное намагничивание обычно используют для выявления дефектов сварки. Намагничивание конструкции в этом случае осуществляют путем пропускания электрического тока по гибкому кабелю, проложенному вдоль сварочного шва.

Намагничивание способом магнитного контакта осуществляется путем перемещения полюса постоянного магнита по поверхности исследуемой детали с одновременной обработкой поверхности магнитным порошком. Свободный полюс магнита при этом отводят от контролируемой поверхности на максимально возможное расстояние. Данный способ используют при контроле деталей простой конфигурации (листы, панели, заготовки и т. д.).

Источниками магнитного поля при намагничивании служат переменный, импульсный или постоянный ток, а также поле постоянных магнитов. Выбор источника поля зависит от задачи контроля, способа намагничивания, типа намагничивающего устройства и т. д. Чем меньше время прохождения тока через намагничивающее устройство, тем меньше глубина намагниченного слоя (поверхностный эффект). При малой глубине «промагничивания» магнитный поток концентрируется в поверхностном слое материала (см. рис. 2), что способствует повышению чувствительности контроля и облегчению размагничивания конструкции.

В качестве источника импульсного тока используют специальные устройства, способные вырабатывать короткие (1...5мс), но мощные (до 20000 А) импульсы электрического тока. Источники импульсного тока потребляют мало энергии и поэтому широко используются в переносных и передвижных магнитопорошковых дефектоскопах (ПМД-70, МПД – 1, МД-50 и др.).

В качестве источника постоянного тока используют аккумуляторные батареи и выпрямители переменного тока.

Величину намагничивающего тока рассчитывают с учетом способа контроля и требуемой чувствительности. В соответствии с ГОСТом для магнитопорошкового метода

установлены три уровня чувствительности: А, Б и В, каждому из которых соответствует определенная напряженность намагничивающего поля, а, следовательно, и величина намагничивающего тока.

При контроле по СОН (уровень чувствительности А) напряженность поля в момент намагничивания должна быть достаточной для приведения материала детали в состояние магнитного насыщения (см. таблицу 1).

При контроле по СПП напряженность намагничивающего поля в момент нанесения суспензии определяют с учетом требуемого уровня чувствительности контроля:

-для уровня чувствительности А (раскрытие выявляемых трещин более 0,0025 мм) она должна быть в пределах

$$32 + 1,3H_c < H_A < 52 + 1,3 H_c.$$

-для уровня чувствительности Б (раскрытие выявляемых трещин более 0,01 мм) - в пределах

$$13 + 1,1 H_c < H_B < 26 + 1,1 H_c.$$

-для уровня чувствительности В (раскрытие выявляемых трещин более 0,025 мм) - в пределах

$$7 + 1,1 H_c < H_V < 13 + 1,1 H_c.$$

Расчёт намагничивающего тока.

При циркулярном намагничивании ток рассчитывают по формуле:

$$I = \pi HD/w,$$

где D - диаметр детали в контролируемом сечении, см.

H - требуемая напряженность намагничивающего поля, А/см;

w — число витков намагничивающей обмотки.

I - величина намагничивающего тока, А;

При намагничивании в поле катушки (соленоида) ток рассчитывают по формуле:

$$I = H l_c /w,$$

где l_c — длина диагонали соленоида, см;

w - число витков обмотки соленоида.

При намагничивании в цепи электромагнита ток рассчитывают по формуле:

$$I = H l_m /w,$$

где l_m - длина магнитной силовой линии (контролируемого участка детали), см;

w — число витков обмотки электромагнита.

Нанесение магнитного порошка (суспензии).

Обработку детали магнитным порошком проводят непосредственно после намагничивания (СОН) или в процессе намагничивания (СПП). Порошок наносят на деталь в сухом виде (путем посыпания или припудривания), а также в виде жидкой суспензии. Способ нанесения порошка выбирают с учетом требуемой чувствительности и условий проведения контроля.

В практике эксплуатационного контроля наиболее широкое распространение получил способ полива деталей суспензией из бачка. На ремонтных заводах наиболее распространен способ помещения детали в ванну с суспензией.

Оценка технического состояния конструкции (осмотр).

Осмотр контролируемой поверхности проводят после обработки детали магнитным порошком. При этом выделяют места отложения порошка, которые возникают как над реальными дефектами, так и в местах с неоднородностями магнитного поля (острые кромки, впадины резьбы и т.д.). Осмотр производят при обычном или ультрафиолетовом освещении (люминесцирующие порошки) с использованием простейших оптических приборов (лупа, зеркало и т.д.). Для повышения контраста дефектов контролируемую

поверхность осторожно поливают керосином.

Оценка чувствительности контроля.

Оценку чувствительности контроля проводят с помощью специальных эталонов (обычно деталей с мелкими трещинами), которые намагничивают и обрабатывают магнитным порошком одновременно с контролируемым объектом. В сомнительных случаях проводят повторный контроль, предварительно размагнитив деталь и эталон.

Размагничивание.

Размагничиванию подлежат только доброкачественные детали, вне зависимости от способа и режима их намагничивания. Размагничивание обычно проводят с использованием тех же устройств, которыми проводилось намагничивание. В некоторых случаях (партия мелких деталей) размагничивание проводят в специальных соленоидах (катушках) с питанием от сети переменного тока.

Начальную величину размагничивающего тока выбирают несколько больше тока намагничивания. Скорость снижения и частоту коммутаций размагничивающего тока подбирают индивидуально для каждой детали по величине остаточной намагниченности.

Качество размагничивания деталей контролируют с помощью специальных приборов (ПКР-1, ФП-1 и др.) или магнитных щупов (цепочки канцелярских скрепок, частиц железа, компаса и т. д.). Допустимый уровень остаточной намагниченности конструкций не должен превышать установленных значений (обычно намагниченности от поля земли).

2. Практическая часть

В ходе выполнения лабораторной работы решают следующие задачи:

1. Разработка рабочей методики магнитопорошкового контроля заданного объекта.
2. Проведение магнитного контроля заданного объекта в соответствии с рабочей методикой.

2.1. Разработка рабочей методики магнитопорошкового контроля

На сегодняшний день накоплен большой опыт применения магнитного метода для целей эксплуатационного контроля АТ. Несмотря на это, в каждом конкретном случае приходится составлять рабочую методику проведения контроля, которая учитывает состояние контролируемой поверхности объекта, материал, из которого он изготовлен, характер ожидаемых дефектов, условия проведения работ, технические возможности имеющихся в наличии средств контроля и т.д. В силу этого, при составлении методики магнитного контроля объекта необходимо выполнить следующие работы.

1. Установить наименование и условия работы заданного объекта (направление и характер действующих нагрузок).
2. Установить приспособленность объекта к проведению контроля (наличие походов к контролируемой поверхности и её состояние).
3. Установить магнитные характеристики материала объекта ($H_{нас.}$, H_c и B_r).
4. Установить характер ожидаемых дефектов, их локализацию ориентацию и размеры.
5. Выбрать способ контроля, вид источника магнитного поля, схему намагничивания и размагничивания.
6. Выбрать тип дефектоскопа и режим его работы, состав магнитной суспензии и способ её нанесения на контролируемую поверхность.

7. Рассчитать величину тока (число витков гибкого кабеля) для намагничивания и размагничивания объекта.
8. Выбрать способ контроля качества размагничивания.
9. Установить браковочные признаки (вид и размеры допустимых и не допустимых дефектов).
10. Выбрать способ эталонирования результатов контроля.

2.2. Проведение магнитного контроля заданного объекта

Контроль заданного объекта проводят в соответствии с разработанной рабочей методикой и с учётом общих рекомендаций по применению магнитопорошкового метода.

Контрольные вопросы

1. Каковы технические возможности и область применения магнитопорошкового метода контроля АТ?
2. Какие физические явления положены в основу магнитопорошкового метода?
3. Как достигается необходимый уровень чувствительности метода?
4. Чем различаются способы контроля деталей по СОН и СПП?
5. Как и зачем проводят размагничивание деталей после магнитного контроля?

Содержание отчета

1. Краткие сведения о магнитопорошковом методе контроля АТ.
2. Основные технические данные дефектоскопа ПМД-70.
3. Рабочая методика проведения контроля заданного объекта.
4. Результаты магнитного контроля в виде заключения о «годности» объекта к эксплуатации с эскизом выявленных дефектов.

Литература

1. Пивоваров В.А., Белоусов Г.Г., Померанцев Д.С., Пенкин А.А. Методы и средства оптико – визуальной диагностики авиационных ГТД: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2005. – 80с.
2. Пивоваров В.А., Машошин О.Ф. Дефектоскопия гражданской авиационной техники: Учеб. пособие для вузов. –М: Транспорт, 1997. – 136с.
3. Неразрушающий контроль материалов и изделий. Справочник. Под ред. Г.С.Самойловича М.: Машиностроение, 1976. – 456с.