

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

**РУКОВОДСТВО ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ I и II УРОВНЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПО МАГНИТНОМУ КОНТРОЛЮ**

Учебное пособие

Новосибирск, 2015

УДК 620.179

Руководство для подготовки специалистов II уровня квалификации по магнитному контролю. Учебное пособие / Лесных Е.В., Бобров А.Л. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2015. – 47 с.

Руководство предназначено для самостоятельной подготовки специалистов, принимающих участие в проведении неразрушающего контроля магнитным методом, к процедурам сертификации на II уровень квалификации. Руководство содержит три раздела: вопросы для собеседования с примерами ответов, примеры тестовых заданий, теоретический материал для углубленного изучения магнитного вида контроля.

Рассмотрен и рекомендован к печати на заседании кафедры «Электротехника, диагностика и сертификация».

Ответственный редактор

к.т.н., доцент Бехер С.А.

Рецензент

доцент кафедры «Физика» СГУПС, к.т.н. Сухарев Е.М.

© Лесных Е.В., Бобров А.Л., 2015

© СГУПС

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЩИЙ ЭКЗАМЕН	4
1.1. Примеры тестовых заданий общего экзамена	4
1.2. Ответы на примеры тестовых заданий общего экзамена	6
1.3. Вопросы для собеседования на общем экзамене	6
1.4. Примеры ответов для собеседования	8
2 СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН	33
2.1. Примеры тестовых заданий специального экзамена	33
2.2. Ответы на примеры тестовых заданий специального экзамена	35
2.3. Список нормативной и технической документации в соответствии с которой проводится магнитный контроль деталей вагонов при ремонте	36
2.4. Примеры вопросов для собеседования на специальном экзамене	36
2.5. Примеры ответов для собеседования по специальному экзамену	37
3 ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭКЗАМЕН	40
3.1. Пример технологической карты	41
3.2. Пример заполненного протокола практического экзамена	43

ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие будет полезно для персонала, осуществляющего неразрушающий контроль магнитными методами и ориентированного на сдачу экзаменов в экзаменационном центре СГУПС при сертификации по магнитному виду. В пособии приведены примеры тестовых вопросов общего экзамена и специального экзамена по магнитному контролю деталей подвижного состава, знакомство с которыми помогает понять области знаний и структуру тестовых вопросов. В пособии также содержатся примеры вопросов в соответствии с программой сертификации по общему и специальному экзамену, задаваемые при собеседовании, а также ответы на них. Дополнительно приводятся примеры документов, которые необходимо заполнить кандидату при практическом экзамене.

1 ОБЩИЙ ЭКЗАМЕН

1.1 Примеры тестовых заданий общего экзамена на II уровень квалификации

1. Укажите несплошности, которые могут быть обнаружены в деталях, бывших в эксплуатации:
 1. горячие разрывы;
 2. усталостные трещины;
 3. трещины и разрывы;
 4. усадочные раковины.
2. Чем ближе несплошность к поверхности контролируемого изделия, тем:
 1. четче индикации, полученные с помощью магнитных частиц;
 2. не четче индикации, полученные с помощью магнитных частиц.
 3. она менее вероятна, как источник усталостного разрушения.
3. При контроле магнитными методами в случае, когда направление дефектов неизвестно, изделие должно намагничиваться, как минимум:
 1. в одном направлении;
 2. двух направлениях;
 3. в трех направлениях;
 4. в четырех направлениях.
4. Намагничивание с помощью соленоида протяженных деталей следует использовать для выявления:
 1. продольных трещин;
 2. поперечных трещин;
 3. трещин различного направления;
 4. дефектов сварных швов.
5. При каком способе намагничивания электрический ток пропускается непосредственно через изделие, создавая магнитное поле, перпендикулярное направлению тока?
 1. продольное намагничивание;
 2. намагничивание с помощью электроконтактов;
 3. намагничивание с помощью центрального проводника;
 4. все рассмотренные выше способы;
6. Какая группа материалов может контролироваться магнитопорошковым методом?
 1. диамагнетики;
 2. сплавы;
 3. ферромагнетики;
 4. сплавы на основе никеля.
7. Как называется вид намагничивания, при котором силовые линии магнитного поля пересекают изделие в направлении, совпадающем с его продольной осью?
 1. циркулярное;
 2. продольное;
 3. поперечное;
 4. однородное.
8. Как называется способ магнитопорошкового контроля, использующий взвешенные в жидком носителе (воде или масле) ферромагнитные частицы?
 1. способ магнитной суспензии;
 2. сухой способ;
 3. мокрый способ;
 4. масляный способ.
9. Как называется способ магнитопорошкового контроля, при котором изделие сначала намагничивается, затем на него наносятся ферромагнитные частицы?
 1. способ приложенного поля;

2. способ остаточной намагниченности;
 3. способ магнитной суспензии;
 4. сухой способ.
10. Каким образом должно быть ориентировано намагничивающее поле по отношению к направлению подлежащих выявлению дефектов?
1. параллельно;
 2. под углом $90 \pm 30^\circ$;
 3. под углом 30° .
11. Какой из способов магнитопорошкового контроля имеет наибольшую чувствительность?
1. способ приложенного поля;
 2. способ остаточной намагниченности.
12. Укажите единицу измерения напряженности магнитного поля.
1. Генри (Гн);
 2. Ампер на метр (А/м);
 3. Тесла (Т);
 4. Вебер (Вб).
13. Укажите единицу измерения магнитного потока:
1. Вебер (Вб);
 2. Тесла (Т);
 3. Вебер на квадратный метр (Вб/м.кв);
 4. Ампер на метр (А/м).
14. Определите магнитный поток, Φ через плоскую площадку $S=0,05 \text{ м}^2$ при значении магнитной индукции $B=1,0 \text{ Тл}$?
1. 50 Вб;
 2. 0086 Вб;
 3. 0,05 Вб;
 4. 20 Вб;
15. Магнитные структуроскопы — это приборы, предназначенные для контроля:
1. напряженного состояния объектов;
 2. механических свойств объектов;
 3. структуры материала объектов;
 4. верны ответы 1, 2, 3.
16. Какой из приведенных способов не относится к полюсному намагничиванию?
1. намагничивание с помощью соленоида;
 2. намагничивание с помощью тороидальной обмотки;
 3. намагничивание перемещением полюса магнита по детали;
 4. намагничивание в замкнутой цепи электромагнита.
17. Характеристика, определяющая магнитное состояние ферромагнитного материала, при котором не происходит увеличения его магнитной индукции при увеличении напряженности намагничивающего поля, называется:
1. магнитной проницаемостью;
 2. коэрцитивной силой;
 3. индукцией насыщения;
 4. остаточной индукцией.
18. Магнитные поля неразмагниченных деталей не могут:
1. вызвать сбой работы незащищенных устройств автоматики;
 2. ухудшить механические свойства материала контролируемых деталей;
 3. вызвать заклинивание золотниковых механизмов;
 4. привести к дефектам сварных швов, при сварке.
19. Какие из перечисленных металлов не обладают ферромагнитными свойствами?
1. железо;
 2. никель;

3. хром.
20. Магнитографический метод основан на регистрации:
1. нормальной составляющей вектора напряженности магнитного поля над дефектами;
 2. тангенциальной составляющей вектора напряженности магнитного поля над дефектами;
 3. электродвижущей силы, индуцируемой магнитным полем рассеяния дефекта в измерительной катушке.

1.2 Ответы на примеры тестовых заданий общего экзамена

№ вопроса	№ ответа	№ вопроса	№ ответа	№ вопроса	№ ответа	№ вопроса	№ ответа
1	2	6	3	11	1	16	2
2	1	7	2	12	2	17	3
3	2	8	3	13	1	18	2
4	2	9	2	14	3	19	3
5	2	10	2	15	4	20	2

1.3 Вопросы для собеседования на общем экзамене

- 1.3.1. Магнитное поле и область его применения.
- 1.3.2. Формирование магнитного поля вокруг соленоида
- 1.3.3. Формирование магнитного поля вокруг прямолинейного проводника с током.
- 1.3.4. Применение магнитных методов контроля
- 1.3.5. Классификация материалов по магнитным свойствам
- 1.3.6. Какие ферромагнетики можно контролировать магнитопорошковым методом.
- 1.3.7. Что такое постоянные магниты?
- 1.3.8. Что такое магнитные полюса?
- 1.3.9. Магнитные силы?
- 1.3.10. Как направлены силы действующие на заряженные частицы (ток) в магнитном поле.
- 1.3.11. Использование магнитных полей в неразрушающем контроле.
- 1.3.12. Механизмы намагничивания.
- 1.3.13. Что такое магнитная проницаемость?
- 1.3.14. Как рассчитывается напряженность магнитного поля около прямолинейного проводника с током
- 1.3.15. Как рассчитывается напряженность магнитного поля в центре соленоида.
- 1.3.16. Основные характеристики магнитного поля в точке.
- 1.3.17. Что такое магнитный поток и как он определяется.
- 1.3.18. Что такое однородное магнитное поле.

- 1.3.19. Зависимость магнитной проницаемости от напряженности поля в ферромагнетике.
- 1.3.20. Петля гистерезиса.
- 1.3.21. Точка Кюри.
- 1.3.22. Свойства ферромагнитных материалов в магнитном поле.
- 1.3.23. Происхождение магнитного поля рассеяния. Возникновение полюсов на краях дефекта.
- 1.3.24. Силы действующие на частицу порошка магнитном поле детали.
- 1.3.25. Влияние направления и формы дефекта на их выявляемость.
- 1.3.26. Типы намагничивающего тока.
- 1.3.27. Что такое размагничивающий фактор.
- 1.3.28. Поверхностный эффект.
- 1.3.29. Способы намагничивания.
- 1.3.30. Полюсное намагничивание.
- 1.3.31. Циркулярное намагничивание.
- 1.3.32. Условные уровни чувствительности.
- 1.3.33. Обнаруживаемые типы дефектов.
- 1.3.34. Комбинированный метод намагничивания.
- 1.3.35. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании цилиндрической детали.
- 1.3.36. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании плоской детали
- 1.3.37. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании с помощью тороидальной обмотки
- 1.3.38. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании с помощью электроконтактов участка детали
- 1.3.39. Постоянный магнит как средство контроля.
- 1.3.40. Электромагниты.
- 1.3.41. Соленоиды.
- 1.3.42. Проверка чувствительности магнитных индикаторов.
- 1.3.43. Индикаторы магнитного поля.
- 1.3.44. Способы магнитного контроля.
- 1.3.45. Магнитотвердые материалы.
- 1.3.46. Магнитомягкие материалы.
- 1.3.47. Методы магнитной дефектоскопии.

- 1.3.48. Сущность феррозондовой дефектоскопии.
- 1.3.49. Способы размагничивания деталей.
- 1.3.50. Выбор режима размагничивания
- 1.3.51. Проверка концентрации магнитного порошка
- 1.3.52. Проверка условий освещения
- 1.3.53. Как осуществляется проверка работоспособности оборудования для магнитопорошкового контроля?
- 1.3.54. Параметры индикатора, определяющие чувствительности контроля.
- 1.3.55. Параметры детали, определяющие величину ее намагниченности и чувствительности контроля.

Следует помнить, что вопросы могут быть сформулированы так, что будут охватывать часть представленных тем, например, вопрос классификации материалов по магнитным свойствам можно конкретизировать и сократить до таких как:

В чём особенность диамагнетиков?

Чем характеризуются ферромагнитные материалы?

1.4 Примеры ответов для собеседования

1.4.1. Магнитное поле. Область применения

Магнитное поле создается движущимися электрическими зарядами. Магнитное поле является силовым и действует только на движущиеся электрически заряженные частицы и тела, на проводники с токами и на частицы и тела, обладающие магнитным моментом.

Магнитные поля на чертежах изображают замкнутыми непересекающимися кривыми, которые называют магнитными силовыми линиями.

Магнитное поле в магнитных методах НК используется для намагничивания и размагничивания проверяемых объектов.

Магнитное поле всегда возникает в плоскости перпендикулярной плоскости, в которой движутся электрические заряды.

Магнитное поле непрерывно и постепенно уменьшается при удалении от проводника с током, его создавшим.

1.4.2. Формирование магнитного поля вокруг соленоида

Магнитное поле соленоида (магнитные силовые линии внутри соленоида направлены вдоль его продольной оси);

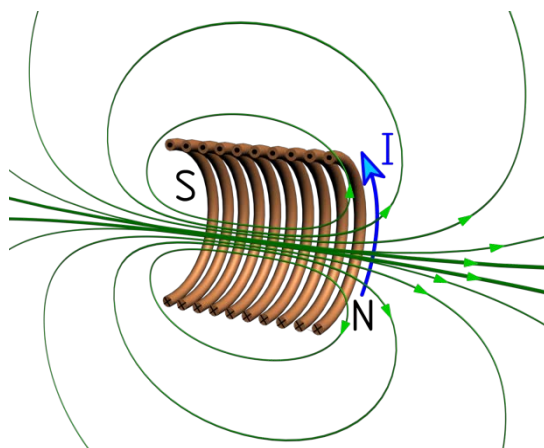


Рисунок 1 - Магнитное поле соленоида

1.4.3. Формирование магнитного поля вокруг прямолинейного проводника с током

Магнитное поле проводника с током (направление силовых линий определяется по правилу буравчика).

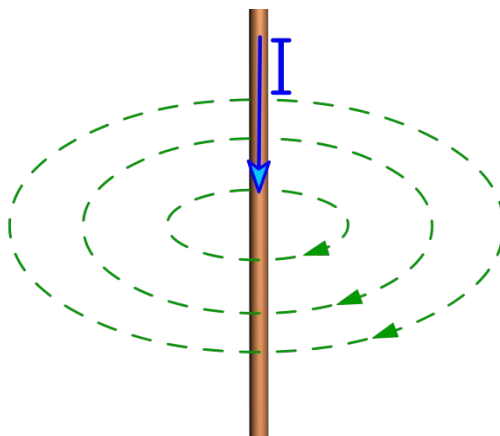


Рисунок 2 - Магнитное поле проводника с током

1.4.4. Применение магнитных методов контроля

Область применения: контроль ферромагнитных материалов. Используется для выявления трещин (усталостных, литейных, закалочных, шлифовочных), волосовин, расслоений неметаллических включений, трещин, вскрывшихся на поверхности или лежащих неглубоко под поверхностью.

1.4.5. Классификация материалов по магнитным свойствам

Материалы	Характеристики	Магнитный контроль
Диамагнетики	Внешнее магнитное поле незначительно ослабляется; поля элементарных магнитных моментов разворачиваются слегка навстречу магнитному полю, μ на несколько миллионных или тысячных долей меньше единицы ($\mu < 1$).	Нет
Парамагнетики	Незначительно усиливают внешнее магнитное поле; поле элементарных токов слегка разворачивается по направлению, совпадающему с внешним. Относительная магнитная проницаемость μ на тысячные доли выше 1 ($\mu > 1$).	Нет
Ферромагнетики	Сильно усиливают внешнее магнитное поле; поле элементарных токов совпадает по направлению с внешним; μ велико, выражается сотнями, тысячами. К ним относятся железо (<i>Fe</i>), никель (<i>Ni</i>), кобальт (<i>Co</i>), гадолиний (<i>Gd</i>) и их некоторые соединения и сплавы. Магнитная проницаемость ферромагнетиков не является постоянной величиной. Она сильно зависит от напряженности внешнего поля.	Да

1.4.6. Какие ферромагнетики можно контролировать магнитопорошковым методом

Магнитопорошковый метод контроля применяют только для объектов из ферромагнитных материалов, у которых $\mu > 40$ (ГОСТ 21105).

1.4.7. Постоянные магниты

Постоянный магнит – изделие из магнитотвердого материала с высокой остаточной магнитной индукцией, которое сохраняет состояние намагниченности в течение длительного времени.

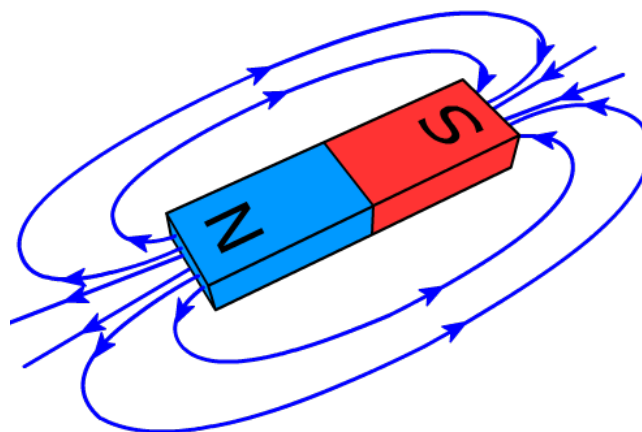


Рисунок 3–Схематичное изображение постоянного магнита с силовыми линиями

1.4.8. Магнитные полюса

Участок поверхности намагниченного материала из которого выходят силовые линии называют северным магнитным полюсом (С или N), а в который входят – южным (Ю или S).

Силовые линии на магнитных полюсах располагаются почти перпендикулярно поверхности (по нормали) намагниченного объекта, то есть на полюсах преобладает нормальная составляющая поля.

Разноименные магнитные полюса притягиваются, а одноименные отталкиваются. Поэтому полюс, к которому стрелка компаса обращена северным концом, назвали южным магнитным полюсом, а противоположный – северным.

1.4.9. Магнитные силы.

На ферромагнитные объекты в магнитном поле действуют силы, которые намагничивают и разворачивают объект в направлении поля (рисунок 5), именно поэтому под действием этих сил частицы порошка собираются в цепочки.

Основой магнитопорошкового контроля являются силы притяжения к полюсам в месте нахождения объекта (частицы порошка), которые во первых разворачивают частицы по направлению поля (рисунок 6, а), а во вторых стремятся переместить его в направлении наибольшей силы, если один полюс находится гораздо ближе другого (рисунок 6, б).

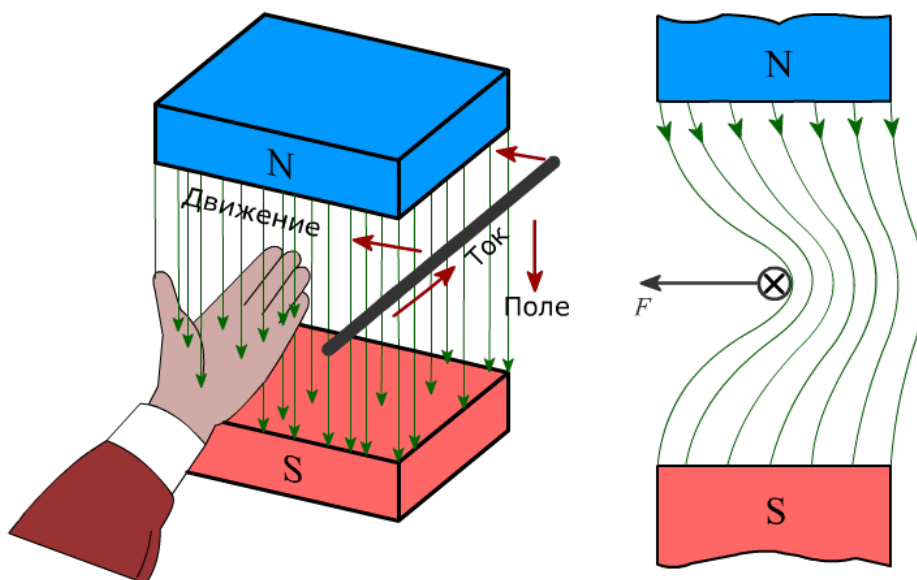


Рисунок 5 – Взаимодействие проводника с током и магнитного поля

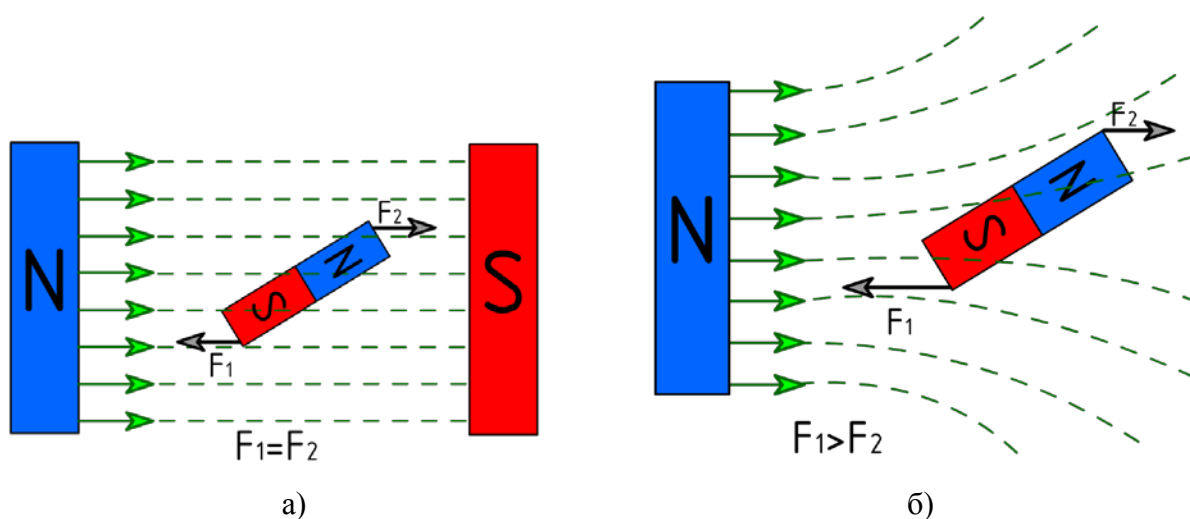


Рисунок 6 – Силы, действующие на частицу магнитного порошка в поле намагниченного бездефектного ферромагнетика (а) и силы, действующие на частицу в неоднородном магнитном поле (б)

1.4.10. Сила действующая на заряженные частицы в магнитном поле

При прохождении электрического тока по проводнику вокруг него образуется магнитное поле. Оно обладает энергией, которая проявляет себя в виде электромагнитных сил, действующих на отдельные движущиеся электрические заряды (электроны и ионы) и на их потоки, т. е. электрический ток. Под влиянием электромагнитных сил движущиеся заряженные частицы отклоняются от своего первоначального пути в направлении, перпендикулярном полю.

Проводники с электрическими токами, расположенные в магнитном поле, испытывают механические силы. Эти механические силы называют электромагнитными силами, направление которых определяется по правилу «левой руки».

Если ладонь левой руки поместить в магнитное поле так, чтобы силовые линии входили в ладонь и четыре вытянутых пальца ее указывали направление тока в проводнике, то отставленный большой палец покажет направление действия механической силы (рис.5).

1.4.11. Магнитное поле для неразрушающего контроля

Магнитное поле в магнитном методе НК используется для намагничивания и размагничивания проверяемых объектов. Оно создается электрическим током или постоянными магнитами. На чертежах магнитные поля изображают замкнутыми непересекающимися кривыми, которые называют силовыми линиями. В получаемом магнитном поле можно решать следующие задачи:

- обнаружение поверхностных и подповерхностных несплошностей (магнитная дефектоскопия), на которых возникают магнитные полюса и искажения однородности магнитного поля;
- определение толщины немагнитных покрытий на магнитном материале и магнитного материала путем определения силы магнитного поля;
- определение структурного состояния и прочностных свойств ферромагнетиков по связи их с измеряемыми параметрами магнитного поля.

1.4.12. Механизмы намагничивания

Кривая первоначального намагничивания (КПН) получается при намагничивании ферромагнетика из полностью размагниченного состояния монотонно возрастающим от нуля магнитным полем. На КПН можно выделить пять участков, на каждом из которых преобладает определенный механизм намагничивания. Участок 1 (рис.7) соответствует обратимым смещениям доменных границ, когда не остается остаточной намагниченности после снятия поля. В области Рэлея (2) имеют место наряду с обратимыми также необратимые процессы смещения, и зависимость $B(H)$ здесь имеет вид квадратного уравнения.

Наиболее крутой участок КПН (3) соответствует максимальной восприимчивости и связан с разворотом доменов скачками Баркгаузена в направлении внешнего поля, создаваемого намагничивающим устройством. В области приближения к насыщению (4) основную роль играют процессы вращения вектора спонтанной намагниченности к направлению

намагничивающего поля. Наконец, участок 5 характеризуется слабым ростом намагниченности и соответствует парапроцессу.

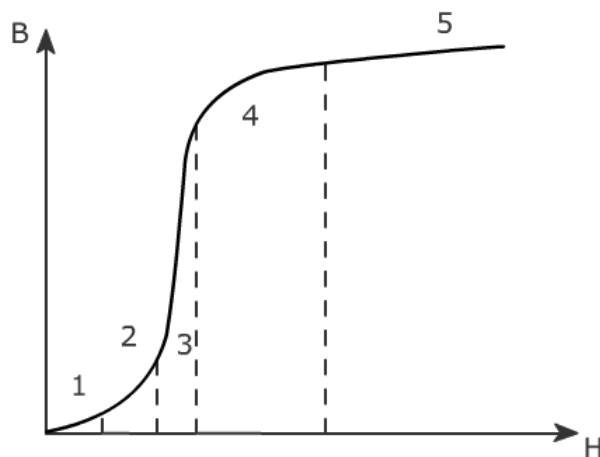


Рисунок 7 - Изображение кривой первоначального намагничивания

1.4.13. Магнитная проницаемость

Магнитная проницаемость – способность материала намагничиваться под действием внешнего магнитного намагничивающего поля. Магнитная проницаемость ферромагнетика меняется в зависимости от напряженности намагничивающего поля.

Абсолютная магнитная проницаемость, μ_a - скалярная величина, характеризует магнитные свойства среды (вещества) или способность материала намагничиваться.

$$\mu_a = \mu \cdot \mu_0,$$

где μ_a – абсолютная магнитная проницаемость материала; μ - относительная магнитная проницаемость материала; μ_0 - магнитная постоянная, которая является магнитной проницаемостью вакуума, определяющая плотность магнитного потока в вакууме ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м).

1.4.14. Расчет напряженности магнитного поля для прямолинейного проводника

Напряженность зависит от полного тока, охватываемого линией l . На примере рисунка 8 видно, что ток течет только по проводнику, охватываемому линиями, и в данном случае на каждый контур он будет влиять одинаково по формуле:

$$H = I / 2\pi r,$$

где $2\pi r$ – длина силовой линии l , I – сила тока.

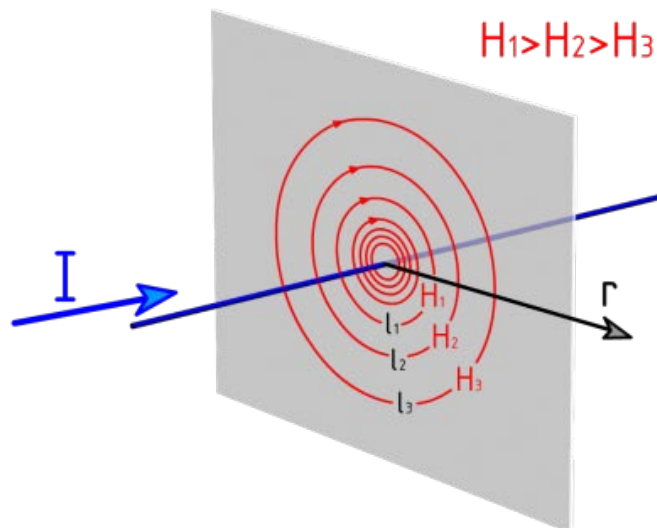


Рисунок 8 - Магнитное поле, создаваемое вокруг проводника с током

Таким образом, при удалении от проводника при неизменном его токе длина линии контура увеличивается и, следовательно, напряженность магнитного поля уменьшается.

1.4.15. Расчет напряженности магнитного поля для катушки или соленоида

Другой распространенный пример создания напряженности магнитного поля возникает, если ток пустить по соленоиду (рис.9).

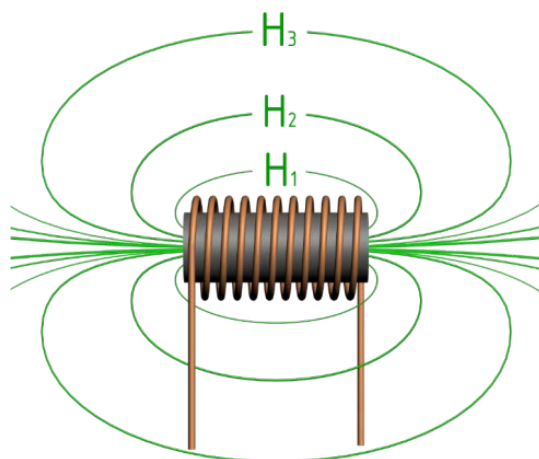


Рисунок 9 - Магнитное поле, создаваемое катушкой или соленоидом с током

По катушке течет ток, и в охватывающих его контурах возникает напряженность магнитного поля, которая тоже зависит и от протяженности контура, и от силы тока в катушке, и от количества витков, так как каждый виток – как бы новый ток внутри контура. Поэтому в

катушках можно создать очень мощное магнитное поле с большой напряженностью, рассчитываемой по формуле:

$$H = \frac{I \cdot N}{\sqrt{l^2 + d^2}},$$

где N – число витков катушки; l – длина катушки; d – ее диаметр.

1.4.16. Основные характеристики магнитного поля в точке

Напряженность поля – это вспомогательная расчетная величина, которая не зависит от магнитных свойств среды, а учитывает только влияние источника поля (проводник или катушка с током, постоянный магнит). Реальной характеристикой магнитного поля является магнитная индукция B , измеряемая в Тл. Она описывает силу магнитного поля в точке пространства с учетом напряженности поля создаваемого источником и магнитной проницаемостью среды, в которой находится эта точка.

1.4.17. Что такое – магнитный поток

Если воспользоваться представлением о линиях магнитной индукции при описании магнитного поля в пространстве, то магнитный поток можно определить общим числом магнитных линий, проходящих сквозь рассматриваемую поверхность (рис.10) – магнитным потоком:

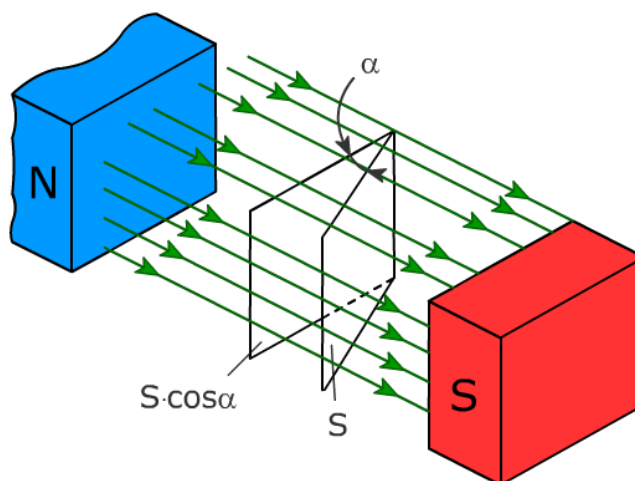


Рисунок 10 - Магнитный поток Φ через площадку S расположенную под углом α к магнитным силовым линиям

$$\Phi = BScos\alpha ,$$

m^2

где S – площадь плоскости, в которой определяется поток, m^2 . Магнитный поток описывает по существу плотность силовых линий в заданном сечении и измеряется в Веберах (Вб).

1.4.18. Однородное магнитное поле

Однородное магнитное поле характеризуется параллельными прямыми магнитными линиями. Густота магнитных силовых линий в однородном поле везде одинакова. Сила магнитного поля одинакова во всех точках этого поля по величине и направлению (рис.11).

Однородное магнитное поле создается в постоянном магните, внутри любой намагниченной детали, внутри соленоида.

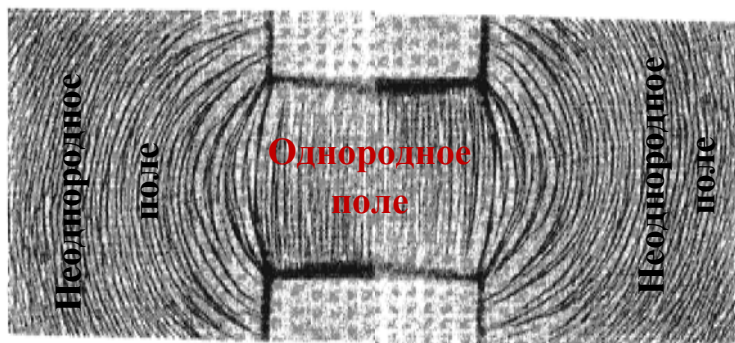


Рисунок 11 – Магнитное поле в пространстве между двумя близко расположенными полюсами постоянных магнитов

1.4.19. Зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля в ферромагнетике

Значение магнитной проницаемости материала существенно зависит от напряженности поля, действующего на образец. При увеличении напряженности поля магнитная проницаемость быстро увеличивается, достигая максимального значения, а затем уменьшается (рис. 12).

По кривой намагничивания магнитная проницаемость при заданном поле

определяется как: $\mu_a = \frac{\vec{B}}{\vec{H}}$.

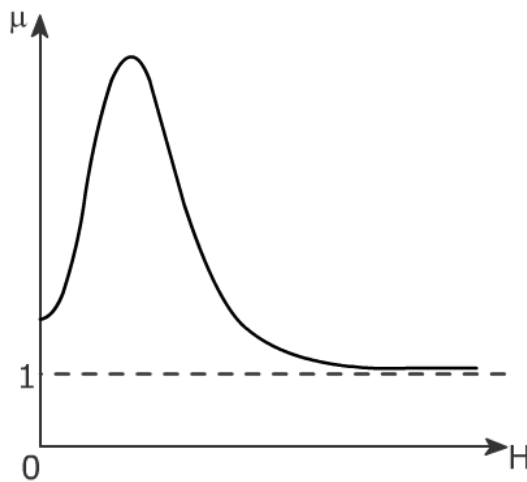


Рисунок 12 - Зависимость магнитной проницаемости от напряженности поля

1.4.20. Петля гистерезиса

Контроль большинства деталей проводится в переменном магнитном поле, т.е. когда H и B непрерывно меняются. Здесь можно увидеть, что совместное изменение этих характеристик будет происходить не по кривым намагничивания, а по петле, внутри которой находится кривая намагничивания. Такая сложная кривая называется петлей гистерезиса.

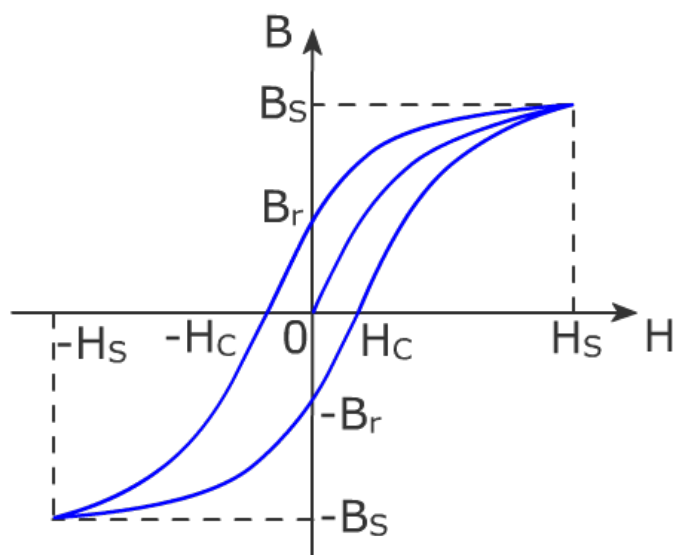


Рисунок 4 - Петля гистерезиса

B_s – индукция технического насыщения.

H_s – напряженность магнитного поля, при которой достигается состояние технического магнитного насыщения материала образца.

B_r – остаточная индукция, т. е. оставшаяся в детали после снятия поля H_s (остаточная намагниченность).

H_c – коэрцитивная сила – это напряженность магнитного поля, которое нужно приложить встречно намагниченности детали (предварительно намагниченной до насыщения), чтобы её полностью размагнитить.

1.4.21. Точка Кюри

Точка Кюри – это температура, при которой происходят резкие изменения магнитных свойств в определенных магнитных материалах.

При температуре выше точки Кюри ферромагнитный материал теряет свою намагниченность и становится парамагнитным.

Для чистого железа точка Кюри – температура 723 °С.

1.4.22. Свойства ферромагнитных материалов на магнитное поле

Ферромагнитные материалы сильно усиливают внешнее магнитное поле. Поле элементарных токов совпадает по направлению с внешним.

Ферромагнетики обладают следующими основными свойствами:

- 1) Любой ферромагнетик состоит из доменов – участков, внутри которых элементарные магнитные моменты имеют одинаковое направление.
- 2) Намагничивание полностью размагниченного ферромагнетика происходит по кривой первоначального намагничивания.
- 3) Перемагничивание изделия происходит по петле гистерезиса.
- 4) Зависимость магнитных свойств материала от температуры и величины точки Кюри.
- 5) Магнитное поле существенно искажается, если в него будут помещены ферромагнитные тела. Магнитные силовые линии пропорционально магнитной проницаемости проходят через ферромагнетик.

Намагничивание ферромагнитных материалов под действием внешнего поля объясняется тем, что поля отдельных областей (доменов) устанавливаются по направлению внешнего поля, их магнитные поля при этом суммируются. В результате образуется сильное поле намагниченной детали.

1.4.23. Происхождение магнитного поля рассеяния. Возникновение полюсов на краях дефекта.

Если в сечении детали имеет место нарушение сплошности или другая неоднородность, приводящая к изменению намагниченности, то в этом месте образуются полюсы, поле которых образует магнитное поле рассеяния дефекта.

Поле рассеяния дефекта максимально, если трещина расположена перпендикулярно силовым линиям магнитного поля (рис. 14).

Наибольшая плотность магнитных силовых линий поля рассеяния наблюдается непосредственно над дефектом (трещиной) и уменьшается с удалением от него.

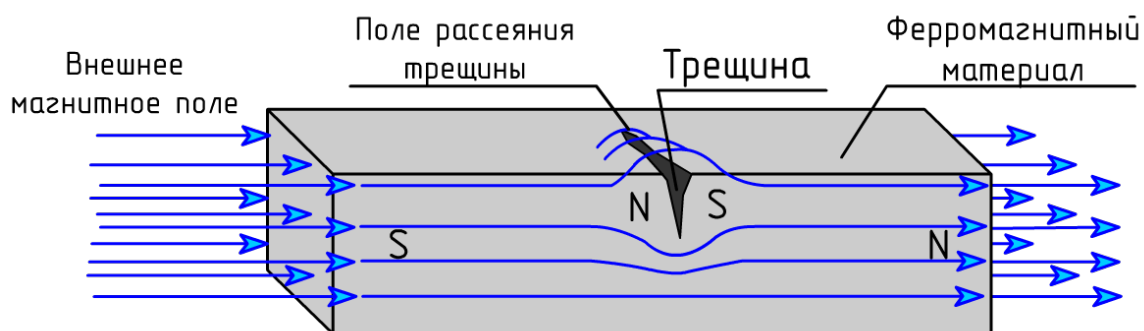


Рисунок 5 - Магнитное поле рассеяния над дефектом в виде трещины

1.4.24. Осаждение магнитного порошка над дефектом и силы действующие на частицы

Оседание порошка над подповерхностными дефектами менее чёткое и более размытое по сравнению с поверхностными дефектами.

Скопление порошка над дефектом происходит в основном отдельными частицами и короткими цепочками.

На частицу в поле рассеяния будут действовать силы, приведенные на рис.15:

F_3 – затягивающая сила магнитного поля (пондеромоторная), направленная в область наибольшей плотности магнитных силовых линий, т.е. к месту расположения трещины;

$F_{тр}$ – сила трения;

F_T – сила тяжести;

F_A – сила выталкивающего действия жидкости (Архимедова сила) в суспензии, а в случае сухого порошка аналогичное направление имеет место сила реакции опоры;

$F_э$ и F_M - силы электростатического и магнитного взаимодействия, возникающие между частицами.

F_p - результирующая сила, под действием которой частицы притягиваются к трещине и накапливаются над ней, образуя скопление порошка.

Картину из осевшего порошка называют индикаторным рисунком или индикацией.

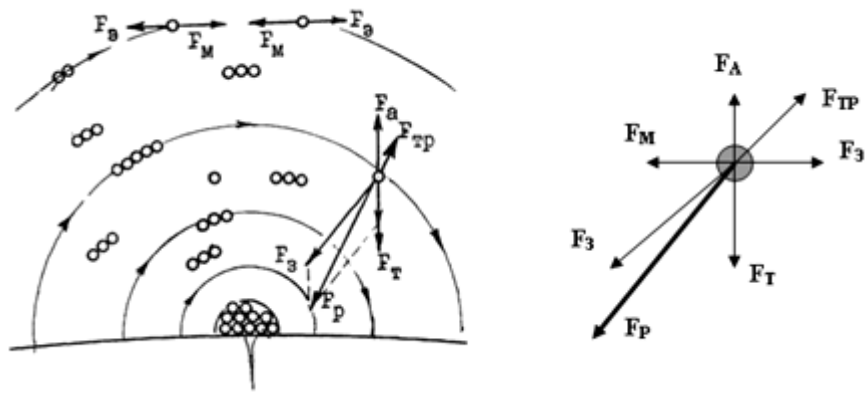


Рисунок 15 – Схема сил, действующих на частицу в поле рассеяния трещины

1.4.25. Влияние направления и формы дефекта относительно направления намагничивающего поля на чувствительность контроля

Чем размеры дефекта, в том числе каждый по отдельности, больше, тем большим магнитом будет являться дефект, и, значит, большее число магнитных частиц он притянет.

Чем глубже дефект находится под поверхностью, тем слабее он как магнит, притягивающий частицы магнитного порошка к поверхности. Такое же влияние оказывает немагнитное покрытие, которое отдаляет частицу от сильного магнитного поля в более слабую область.

Частицы магнитного порошка разворачиваются по направлению силовых линий магнитного поля и движутся вдоль них к полюсам, т.е., деталь должна быть намагничена так, чтобы максимальное количество силовых линий было направлено перпендикулярно направлению предполагаемых дефектов.

Чем меньше угол между направлением дефекта и силовыми линиями тем хуже выявляется дефект (рисунок 16).

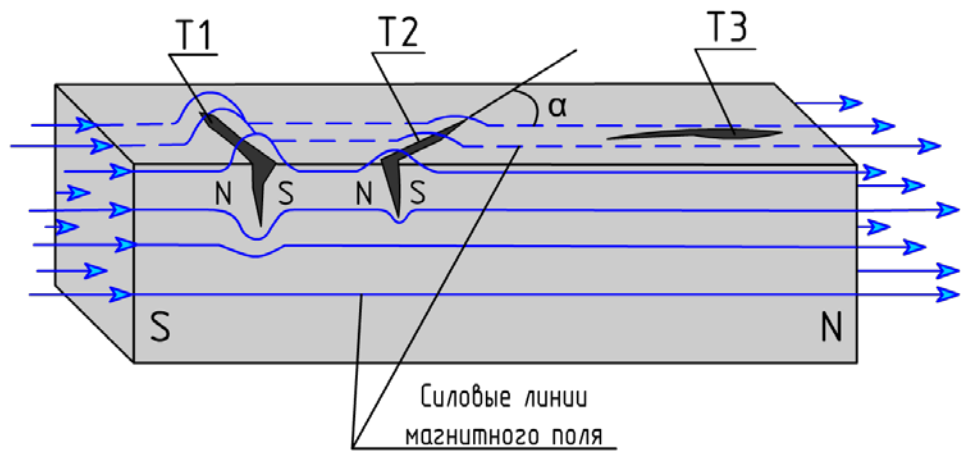


Рисунок 16 – Поля рассеяния над дефектами различной ориентации относительно

1.4.26. Основные типы намагничивающего тока

Постоянный ток — электрический ток, который с течением времени не изменяется по величине и направлению.

Переменный ток - электрический ток, который с течением времени изменяется по синусоидальному закону.

Импульсный ток – электрический ток, который является постоянным по направлению, но пульсирующим по величине.

Импульсный ток - электрический ток, характеризующийся кратковременным изменением силы тока. Это такие пульсирующие токи, которые идут импульсами (отдельными толчками) разделенными паузами. Импульсные токи различаются по форме, длительности импульса и частоте их следования.

Переменный ток, в отличие от тока постоянного, непрерывно изменяется как по величине, так и по направлению, причем изменения эти происходят периодически, т. е. точно повторяются через равные промежутки времени.

Для получения переменного магнитного поля, как правило, используют переменный синусоидальный ток промышленной частоты (50Гц) или повышенной частоты (100 ÷ 400Гц).

Переменный ток имеет ряд преимуществ:

- доступен и удобен, так как используется в бытовых и промышленных сетях;
- может применяться при любом способе намагничивания;
- силу переменного тока можно менять в широких пределах;
- не требует специального ухода за таким оборудованием, как аккумуляторы.

1.4.27. Размагничивающий фактор

Так как любые детали имеют конечную длину при их продольном намагничивании (рисунок 4) получается так, что в детали силовые линии направлены от одного полюса к другому, а с наружи, там где находятся частицы, силовые линии направлены в противоположную сторону. Чем короче деталь, тем большая величина и концентрация силовых линий направленных в противоположную сторону около поверхности. Эти противоположные силовые линии ослабляют силу притяжения частиц к дефекту. Поэтому, чем короче деталь, тем слабее частицы порошка на ее поверхности намагниченной продольно будут притягиваться к

дефекту. Такое действие называется – размагничивающим фактором и для коротких деталей требует их удлинения для снижения его влияния.

1.4.28. Поверхностный эффект

При намагничивании детали переменным током, приводит к образованию на поверхности детали вихревых токов. Возникшие в детали вихревые токи направлены в противоположном направлении относительно тока соленоида или катушки. Из-за малой величины электрического сопротивления металлических магнитопроводов вихревые токи могут достигать значительных величин. Вихревые токи в контролируемой детали образуют собственное магнитное поле, которое направлено навстречу потоку, их создавшему.

Взаимодействие встречных магнитных потоков приводит к поверхностному эффекту «скин-эффект», т. е. резкому уменьшению проникновения переменного электромагнитного поля в глубь материала и его уменьшению на поверхности.

1.4.29. Способы намагничивания

Полюсное, когда силовые линии направлены вдоль детали по всему сечению, а на детали образуются полюса. Полюсное намагничивание используется для выявления поперечных дефектов в протяженных изделиях.

Циркулярное, когда силовые линии замыкаются в детали и полюсов не образуется. Циркулярное намагничивание чаще всего используется для выявления продольных дефектов, совпадающих с осью детали или радиальных трещин на округлых торцах.

Комбинированное намагничивание – объединяет оба вида намагничивания и используется для выявления дефектов возможных в различных направлениях.

1.4.30. Полюсное намагничивание

Полюсное намагничивание – способ намагничивания, при котором магнитные силовые линии часть пути проходят по детали, а часть по воздуху. Этот способ намагничивания, чаще всего, служит для выявления поперечных дефектов относительно продольной оси детали или наклонных дефектов. Именно поэтому часто полюсное намагничивание называют продольным.

Полюсное намагничивание осуществляют с помощью постоянных магнитов, электромагнитов или соленоидов.

1.4.31. Циркулярное намагничивание

Циркулярное намагничивание – это намагничивание, при котором магнитный поток весь свой путь проходит по проверяемой детали (замыкается в детали или из детали не выходит), явные полюса у детали не образуются.

Циркулярное магнитное поле представляет собой магнитные силовые линии, которые проходят по окружностям по периметру детали. Циркулярное намагничивание можно осуществить путём пропускания тока по детали или по участку детали с помощью электроконтактов, пропускания тока по проводнику, помещённому внутрь изделия, с помощью тороидальной обмотки и с помощью индукционного намагничивания.

1.4.32. Условные уровни чувствительности

Чтобы сопоставить возможности контроля при различных режимах намагничивания, установлено три условных уровня чувствительности, соответствующих уверенному выявлению искусственных дефектов в виде паза заданных размеров (трем воображаемым дефектам) (табл. 1).

Таблица 1 – Условные уровни чувствительности

Условный уровень чувствительности	Минимальная ширина раскрытия условного дефекта, мкм	Минимальная протяженность искусственного дефекта, мм	Шероховатости контролируемой поверхности, мкм
А	2,0	0,5	$R_a \leq 2,5$
Б	10,0		$R_a \leq 10$ мкм
В	25,0		

Модель дефекта в виде паза удобна тем, что:

- его параметры точно известны;
- этот искусственный дефект можно реализовать на любом объекте контроля.

1.4.33. Обнаруживаемые типы дефектов

Основной задачей магнитопорошкового метода является обнаружение трещин. При этом трещины могут быть различного происхождения и понимание природы их возникновения, и местоположение помогает дефектоскописту в правильной оценке. Обнаружение других

дефектов является вспомогательной задачей – например, подповерхностных литейных дефектов, закатов, плен и т. д.

Трещины могут быть эксплуатационными и производственного происхождения. Эксплуатационные трещины еще называют усталостными, и они являются в деталях подвижного состава одними из самых опасных. Усталостные трещины как правило развиваются в поперечном или в наклонном направлении.

Кроме усталостных трещин в деталях могут встречаться трещины производственного происхождения:

- горячие трещины и холодные трещины литых деталей;
- трещины, возникшие при обработке давлением;
- закалочные трещины;
- шлифовочные трещины;
- волосовины и расслоения, выходящие на поверхность вследствие деформации литейных дефектов.

1.4.34. Комбинированный метод намагничивания

Комбинированное намагничивание достигается в результате одновременного продольного и циркулярного намагничивания и использования для него токов одного вида или токов разного вида с соответствующими моментами включения или с изменением их значений и направлений. В этом случае возникает результирующее поле, величина которого зависит от параметров каждого из полей.

Комбинированное намагничивание позволяет выявлять трещины, направленные под разными углами к оси контролируемой детали.

При комбинированном намагничивании продольное намагничивание осуществляют с помощью соленоида или электромагнита, а циркулярное – пропусканием тока по детали или по центральному проводнику.

1.4.35. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании цилиндрической детали

Расчет тока для циркулярного намагничивания пропусканием тока по детали и на центральном проводнике:

$$I = 3HD ,$$

где H - напряженность, А/см, D-диаметр детали, см.

1.4.36. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании плоской детали

Ток циркулярного намагничивания деталей в виде пластин определяется по формуле:

$$I = 2Ha, \quad \text{при } \frac{a}{b} > 10$$

или

$$I = 2H(a + b), \quad \text{при } \frac{a}{b} < 10.$$

1.4.37. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании с помощью тороидальной обмотки

Расчет тока для циркулярного намагничивания детали с применением тороидальной обмотки:

$$I = \frac{HL}{N}, \quad \text{при } d > 0,7D;$$

$$I = \frac{HD}{N}, \quad \text{при } d < 0,7D$$

где D – внешний диаметр детали, см; d – внутренний диаметр детали, см; L – средняя длина тороидальной детали, см; N – число витков тороидальной обмотки.

1.4.38. Расчет и оценка силы тока при заданной напряженности поля при циркулярном намагничивании с помощью электроконтактов участка детали

Расчет тока циркулярного намагничивания участка детали с применением электроконтактов:

$$I = (1.5 \dots 1.7)H\sqrt{L^2 + C^2}$$

где L , C – длина и ширина контролируемого участка, см.

1.4.39. Постоянный магнит как средство контроля

Самым простым средством контроля является постоянный магнит, сделанный из магнитотвердого материала, имеющего высокий уровень остаточной намагниченности. Простота этого средства в том, что не требует питания электрическим током.

При намагничивании постоянным магнитом выявляются дефекты перпендикулярные линии, соединяющей магнитные полюса. Его можно использовать для намагничивания мелких или тонких деталей, так же отдельных участков.

Постоянные магниты способны навести постоянный и неизменный магнитный поток, который приходится размагничивать другим устройством.

1.4.40. Соленоиды

Соленоид – это катушка индуктивности в виде намотанного на цилиндрическую поверхность изолированного проводника, по которому течёт электрический ток. Электрический ток в обмотке создает в окружающем пространстве магнитное поле соленоида.

Конец соленоида, из которого магнитные линии выходят, становится северным полюсом, а другой конец, в который магнитные линии входят, - южным полюсом магнита-соленоида.

Внутри соленоида, длина которого значительно больше диаметра, магнитные линии магнитного поля параллельны и направлены вдоль соленоида.

Внутри соленоида магнитное поле однородно, его напряжённость пропорциональна силе тока и числу витков.

Соленоид обеспечивает продольное намагничивание детали.

Внешнее магнитное поле соленоида неоднородно.

Достоинства этих намагничивающих устройств связаны с возможностью обеспечения на поверхности деталей очень высоких значений напряженности магнитного поля (иногда свыше 100 А/см) и достаточно большой зоной достаточной намагниченности – до 500 мм. Другим достоинством соленоида является возможность контроля как СОН, так и СПП благодаря блоку питания применение любого вида тока и соответственно магнитного поля (постоянного, переменного, импульсного и т. п.).

Недостатком их использования являются ограниченные поперечные размеры деталей, которые можно контролировать этим устройством, при этом максимальный диаметр или ширина детали должна быть меньше на несколько сантиметров (4...5), чем внутренний диаметр соленоида. Кроме того, если диаметр детали большой, то сложно поворачивать соленоид под углом, так чтобы продольные дефекты (если они вероятны в детали) оказывались под углом 30° и более к силовым линиям магнитного поля.

1.4.41. Электромагниты

Электромагнит – это устройство, состоящее из токопроводящей обмотки и ферромагнитного сердечника, который намагничивается при прохождении по обмотке электрического тока.

Напряженность создаваемого поля зависит от силы электрического тока и числа витков обмотки, магнитной проницаемости сердечника, расстояние между полюсами магнита и толщины контролируемой детали.

Свойства электромагнитов:

- 1) быстро размагничиваются при выключении тока,
- 2) можно изготовить любых размеров,
- 3) при работе можно регулировать силу магнитного поля, изменяя силу тока в цепи.

1.4.42. Проверка чувствительности магнитных индикаторов

Чувствительность магнитных индикаторов можно проверить с помощью стандартных и настроечных образцов, в которых есть искусственные или естественные дефекты известных или заданных размеров.

Кроме образцов устройства проверки чувствительности могут содержать намагничивающие устройства, обеспечивающее заданную магнитную индукцию на поверхности образцов.

Чувствительность оценивается качественно, путем сравнения индикаторных рисунков, получившихся при проверки с дефектограммами в виде отпечатков на липкой ленте или фотографий. Если индикация не хуже дефектограммы то качество индикатора считается удовлетворительным.

1.4.43. Индикаторы магнитного поля

Магнитный индикатор и способ его нанесения выбирается в зависимости от цвета, шероховатости, формы и пространственного расположения поверхности контроля.

Если поверхность контролируемой детали светлая или зеркальная, и с низкой шероховатостью, то для контроля используется темно-серый или черный индикатор, шероховатые и темные поверхности контролируют цветными или люминесцентными порошками и суспензиями.

Суспензии наносят на поверхность детали поливом слабой струей, распылением или погружением в индикатор деталей. Погружение можно осуществить только способом остаточной намагниченности.

1.4.44. Способы магнитного контроля

Существует два способа магнитного контроля: способ приложенного поля и способ остаточной намагниченности.

Способ остаточной намагниченности более производительный и удобный.

Способ приложенного поля более чувствительный к дефектам и ложным несплошностям.

Предпочтительнее использовать способ остаточной намагниченности, но его можно использовать только для магнитотвердых материалов, при этом контролируемые изделия должны быть простой формы а напряженность поля, создаваемая намагничивающим устройством близкая к насыщению.

Способ приложенного поля применяют для магнитомягких материалов, деталей сложной формы и если намагничивание заданным устройством не обеспечивает достаточно большого остаточного поля на детали.

1.4.45. Магнитотвердые материалы

Магнитотвердые материалы обладают относительно большой остаточной намагниченностью и в таком состоянии могут сами выступать в роли намагничивающих устройств (постоянных магнитов). С точки зрения магнитного контроля магнитотвердыми являются ферромагнитные изделия с остаточной индукцией выше 0,53 Тл и коэрцитивной силой более 9,5 А/см. Магнитотвердые материалы имеют широкую петлю гистерезиса.

1.4.46. Магнитомягкие материалы

Магнитомягкие материалы имеют малую остаточную намагниченность и относительно узкую петлю гистерезиса. К ним относят материалы с остаточной индукцией ниже 0,53 Тл и коэрцитивной силой менее 9,5 А/см. Магнитомягкие материалы всегда контролируют в приложенном поле.

1.4.47. Методы магнитной дефектоскопии

Для дефектоскопии достаточно широкое распространение получили магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый и индукционный методы магнитного контроля.

1.4.48. Сущность феррозондовой дефектоскопии

Для дефектоскопии применяются феррозондовые преобразователи градиентомеры, определяющие разность магнитных потоков, проходящих через ферромагнитные сердечники преобразователя, расстояние между центрами которых называется базой преобразователя.

Для феррозондовой дефектоскопии применяется только намагничивание постоянным магнитным полем. В окрестностях дефекта в виде трещины нормальная составляющая напряженности магнитного поля изменяется по кривой, приведенной на рис. 19. Так как измерительные катушки включены встречно, то фактически сигнал пропорционален суммарному изменению магнитного потока.

При феррозондовой дефектоскопии детали намагничивают не до насыщения а до значений поля, при которых магнитная проницаемость достигает значений близких к максимуму на рисунке 15, так как основное изменение магнитного потока над дефектом формируется изменением магнитной проницаемости, а при насыщении магнитная проницаемость практически не изменяется.

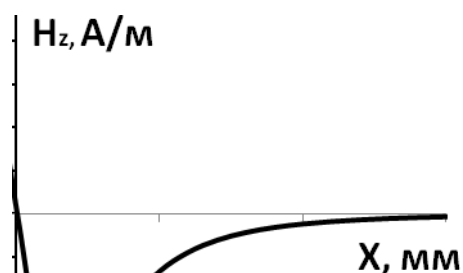


Рисунок 19 – Кривая изменения нормальной составляющей магнитного поля

1.4.49. Способы размагничивания

Многие намагниченные детали после осмотра должны быть размагничены, так как

остаточная намагниченность может вызвать нежелательные последствия. Такие как, ускоренный износ поверхности плохо размагниченных трущихся деталей. Во избежание этого контролируемые детали тщательно размагничивают и проверяют степень размагниченности.

Способы размагничивания:

- 1) Нагревание объекта до точки Кюри (для ферромагнетиков она лежит в большом диапазоне, у железа – 768 °С);
- 2) Однократное приложение встречного поля «большой силы»;
- 3) Воздействие знакопеременным полем с уменьшением его амплитуды во времени.

Первые два способа, в отличие от последнего, в практике магнитного НК не применяются в силу ряда технологических и технических ограничений.

Сущность третьего способа размагничивания состоит в следующем. Деталь подвергают циклическому перемагничиванию переменным полем, напряженность которого по амплитуде с каждым полупериодом уменьшается до нуля. К моменту, когда она достигнет почти нулевого значения, остаточная индукция также будет близка к нулю.

Существуют две процедуры исполнения данного способа размагничивания, когда величину размагничивающего поля уменьшают, либо удаляя соленоид от ОК, либо снижая ток в его обмотке. Некоторые дефектоскопы имеют режимы автоматического снижения тока в намагничивающих устройствах, но в большинстве случаев детали помещают в соленоид, включают его и плавно в течение не менее 5 с, осуществляют их относительное удаление на расстояние не менее 0,5 м, после чего соленоид выключают.

1.4.50. Выбор режима размагничивания

Основной способ размагничивания заключается в воздействии на магнитные материалы переменным магнитным полем с уменьшающейся амплитудой. Начальное значение напряженности размагничивающего поля должна быть больше или равна напряженности намагничивающего поля. Если нет данных о намагничивающем поле, то не менее 5 значений коэрцитивной силы материала.

1.4.51. Проверка концентрации магнитного порошка

Надежность обнаружения дефектов магнитопорошковым методом существенно зависят от концентрации магнитного порошка в суспензии.

При завышенной концентрации порошка происходит образование мешающего фона вследствие интенсивного его оседания на проверяемую поверхность детали, что ведет к

пропуску дефектов. Низкая концентрация порошка ведет также к невыявлению дефектов. Концентрацию порошка устанавливают в соответствии методики контроля конкретного объекта (от 1 до 50г/л). Поэтому на участках магнитопорошковой дефектоскопии необходима проверка концентрации магнитного порошка в суспензии, которая в течение рабочего дня может значительно изменяться из-за недостаточного размещения суспензии, выноса порошка проверенными деталями и по другим причинам.

1.4.52. Проверка условий освещения

Освещенность осматриваемой поверхности объектов при использовании черных и цветных не люминесцирующих магнитных порошков должна быть не менее 1000 лк. При этом следует применять комбинированное освещение (общее и местное). При проведении контроля в затемненном помещении с использованием люминесцентных порошков ультрафиолетовая облученность контролируемой поверхности должна быть не менее 800 мкВт/см².

1.4.53. Проверка работоспособности оборудования для магнитопорошкового контроля

Проверка работоспособности дефектоскопов и качества дефектоскопических материалов осуществляется перед началом смены с помощью измерителей напряженности поля и (или) тока, контрольных образцов и приборов для измерения концентрации суспензии.

1.4.54. Параметры индикатора, определяющие чувствительности контроля

Чем мельче порошок, тем меньше надо сил для его перемещения к полюсам (дефектам, галтельным переходам, торцам, границам наплавленного металла и т.п.) то есть чувствительность повышается, но и возрастает число ложных индикаций.

В жидком носителе частицы перемещаются лучше, чем сухим способом, то есть чувствительность выше.

Наличие посторонних частиц при повторном использовании уменьшает чувствительность контроля.

1.4.55. Параметры детали, определяющие величину ее намагниченности и чувствительности контроля

Длина детали – чем длиннее деталь тем больше зона достаточной намагниченности на ней.

Площадь сечения детали – чем толще деталь, тем слабее она намагничивается одним и тем же намагничивающим устройством, чувствительность контроля слабее.

Сложное сечение детали, наличие галтельных переходов, пазов и т.п. – перемены сечения резко снижают зону ДН и уменьшают намагниченность детали.

Шероховатость поверхности – чем более шероховатая поверхность, тем хуже деталь намагничивается, кроме того шероховатая поверхность затрудняет перемещение частиц порошка по поверхности.

Магнитная проницаемость – чем больше магнитная проницаемость, тем лучше деталь намагничивается и сильнее поле притяжения к дефекту, но при слишком больших значениях проницаемости чувствительность падает.

2. Специальный экзамен

2.1. Примеры тестовых вопросов специального экзамена

2.1.1. Какой ток пропускается через НУ дефектоскопов МД-12П?

- 1) постоянный;
- 2) переменный;
- 3) импульсный;
- 4) 1 или 2.

2.1.2. Какой дефектоскоп предназначен для контроля шеек оси колесных пар и других деталей диаметром или максимальным размером поперечного сечения не более 150 мм?

- 1) МД12-ПШ;
- 2) МД12-ПЭ;
- 3) МД12-ПС;
- 4) МД13-ПР.

2.1.3. Какая должна быть остаточная намагниченность внутренних и наружных колец роликовых подшипников после размагничивания?

- 1) меньше, чем 2 А/см;
- 2) меньше, чем 3 А/см;
- 3) меньше, чем 4 А/см;
- 4) меньше, чем 5 А/см.

2.1.4. Какое должно быть отношение длины к максимальному размеру поперечного сечения (или диаметру) у СОП с искусственными дефектами, предназначенному для проверки выявляющей способности магнитных индикаторов?

- 1) не менее 10 : 1;
- 2) не менее 5 : 1;
- 3) не менее 3 : 1;
- 4) не менее 2 : 1.

2.1.5. Какой цвет имеет концентрат магнитной суспензии ДИАГМА 1100?

- 1) черный;
- 2) красно-коричневый;
- 3) люминесцентный желто-зеленый;

4) люминесцентный серый.

2.1.6. Какова концентрация концентрата магнитной суспензии МИНК-030 в воде

- 1) 10-15 г/л;
- 2) 25±5 г/л;
- 3) 30±5 г/л;
- 4) 40±5 г/л.

2.1.7. Как следует устанавливать преобразователь Холла при измерении напряженности магнитного поля, создаваемого электромагнитом или постоянным магнитом?

- 1) в центре между полюсами магнита;
- 2) точно по центру одного из полюсов магнита;
- 3) точно по центру верхней части магнита;
- 4) на расстоянии 5 мм от каждого из полюсов магнита.

2.1.8. Какой должна быть освещенность контролируемой поверхности при использовании черных или цветных магнитных порошков?

- 1) 600 лк;
- 2) 700 лк;
- 3) 800 лк;
- 4) 1000 лк.

2.1.9. Напряженность тангенциальной составляющей магнитного поля на поверхности контролируемой магнитопорошковым методом оси должна быть не менее:

- 1) 5 А/см;
- 2) 10 А/см;
- 3) 15 А/см;
- 4) 20 А/см;
- 5) 35 А/см.

2.1.10. Выберите прибор для измерения напряженности магнитного поля на поверхности детали при магнитопорошковом контроле дефектоскопом МД 12ПШ:

- 1) МФ-10СП;
- 2) МОН-721;
- 3) МД-12ПШ;
- 4) Ф-215;
- 5) МФ-23И.

2.1.11. В каком случае производится размагничивание деталей вагонов:

- 1) при превышении остаточной намагниченности на поверхности детали допустимых значений;
- 2) при контроле способом СОН;
- 3) во всех случаях;
- 4) не производится.

2.1.12. Устройств УМДП-01 осуществляет намагничивание колец:

- 1) переменным током;
- 2) постоянным током;
- 3) выпрямленным током;
- 4) импульсным током.

2.1.13. Плоская деталь для магнитопорошкового контроля в приложенном поле располагается в зоне контроля расположена:

- 1) строго горизонтально;
- 2) с наклоном на угол 10°;
- 3) с наклоном на угол 10-30°;
- 4) с наклоном на угол 30°.

2.1.14. Выберите детали, контролируемые способом остаточной намагниченности при магнитопорошковом контроле:

- 1) кольца подшипников;

- 2) стопорные планки;
- 3) клинья тягового хомута;
- 4) оси колесных пар;
- 5) верны ответы 2, 3, 4.

2.1.15. Скорость перемещения соленоида при намагничивании деталей вагонов должна быть:

- 1) не более 150 мм/с;
- 2) не менее 150 мм/с;
- 3) не более 500 мм/с;
- 4) не более зоны ДН в секунду;
- 5) не более величины зоны ДН за 10 с.

2.1.16. Проверку качества магнитной суспензии необходимо осуществлять:

- 1) непосредственно после ее приготовления;
- 2) не реже одного раза в неделю и по мере ее загрязнения;
- 3) ежедневно перед началом работы;
- 4) все ответы верны.

2.2. Ответы на примеры тестовых заданий специального экзамена

№ вопроса	№ ответа	№ вопроса	№ ответа	№ вопроса	№ ответа	№ вопроса	№ ответа
1	2	5	1	9	4	13	2
2	1	6	2	10	5	14	1
3	2	7	1	11	1	15	5
4	2	8	4	12	4	16	4

2.3. Список нормативной и технической документации в соответствии с которой проводится магнитный контроль деталей вагонов при ремонте

2.3.1. ГОСТ 21105-87 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Общие положения.

2.3.2. ГОСТ ИСО 9934-1-2011

2.3.3. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог. 2013 г.

2.3.4. ПР НК В.1 Правила по неразрушающему контролю вагонов, их деталей и составных частей при ремонте. Общие положения.

2.3.5. ПР НК В.2 Правила неразрушающего контроля деталей и составных частей колесных пар вагонов при ремонте. Специальные требования.

2.3.6. ПР НК В.3 Правила неразрушающего контроля литых деталей тележек грузовых вагонов при ремонте. Специальные требования.

2.3.7. ПР НК В.4 Правила неразрушающего контроля деталей автосцепного устройства и тормозной рычажной передачи вагонов при ремонте. Специальные требования.

2.3.8. ТИ НК В.21-2 Технологическая инструкция по неразрушающему контролю деталей и составных частей колесных пар вагонов при ремонте. Магнитопорошковый метод.

2.3.9. ТИ НК В.31-1 Технологическая инструкция по неразрушающему контролю литых боковых рам тележек при ремонте грузовых вагонов. Магнитопорошковый метод.

2.3.10. ТИ НК В.31-2 Технологическая инструкция по неразрушающему контролю литых надрессорных балок тележек грузовых вагонов при ремонте. Магнитопорошковый метод.

2.3.11. ТИ НК В.41-1 Технологическая инструкция по неразрушающему контролю деталей автосцепного устройства и тормозной рычажной передачи вагонов при ремонте. Магнитопорошковый метод.

2.4. Примеры вопросов для собеседования на специальном экзамене

В качестве примеров приведены вопросы касающиеся одного типа или группы деталей, аналогичные вопросы могут быть сформулированы относительно контроля других деталей.

2.4.1. Какие детали и их участки колесных пар следует намагничивать устройством МД-12ПШ?

2.4.2. Какие дефекты осей выявляются магнитопорошковым методом при среднем ремонте?

2.4.3. Какие детали грузовых вагонов контролируются на остаточной намагниченности?

2.4.4. Какие индикаторы можно использовать для контроля шеек осей колесных пар?

2.4.5. Как определить зону ДН на средней части оси?

2.4.6. Почему клинья тягового хомута необходимо устанавливать в цепочки при магнитопорошковом контроле?

2.4.7. Зачем необходимо клинья тягового хомута наклонять при контроле?

2.4.8. Как проводится проверка работоспособности средств магнитного контроля в начале смены?

2.4.9. Какие средства необходимо использовать совместно с МОН-721 для проверки качества магнитного индикатора?

2.4.10. Какие вспомогательные средства и для чего необходимы на рабочем месте дефектоскописта, осуществляющего магнитопорошковый контроль?

2.5 Примеры ответов при собеседовании на специальном экзамене

2.5.1. Какие детали и их участки колесных пар следует намагничивать устройством МД-12ПШ?

Шеечное намагничивающее устройство может использоваться для намагничивания стопорных планок и свободных от колец шеек осей.

2.5.2. Какие дефекты осей выявляются магнитопорошковым методом при среднем ремонте?

На осях магнитопорошковым методом при их полюсном намагничивании соленоидами можно выявить поперечные и наклонные трещины и другие протяженные дефекты типа волосовин, расслоений, направленные более 10° к продольной оси детали.

2.5.3. Какие детали грузовых вагонов контролируются на остаточной намагниченности?

На остаточной намагниченности магнитопорошковым методом могут контролироваться кольца подшипников: наружные, внутренние и упорные.

2.5.4. Какие индикаторы можно использовать для контроля шеек осей колесных пар?

Шейки осей – светлые гладкие поверхности, поэтому на них следует наносить суспензии содержащие темные частицы, например «Диагма-1100» разведенная в концентрации 40 ± 5 г/л или МИНК-030 в концентрации 25 ± 5 г/л в воде.

2.5.5. Как определить зону ДН на средней части оси?

На средней части оси зона ДН определяется экспериментально с помощью измерителя напряженности магнитного поля или миллитесламетра. Для этого измеряют тангенциальную составляющую поля на рабочей поверхности детали при установке намагничивающего устройства в рабочее положение. Датчик измерителя отводят вдоль поверхности от намагничивающего устройства до тех пор пока значение тангенциальной составляющей не уменьшится до 20 А/см, на оси делают отметку. Затем производят измерения в противоположную сторону от намагничивающего устройства и также ставят отметку в точке

где тангенциальная составляющая уменьшилась до 20 А/см. Затем в пределах полученной зоны проверяют нормальную составляющую по той же траектории, значение зоны ДН корректируется если $H_n/H_t \geq 3$.

2.5.6. Почему клинья тягового хомута необходимо устанавливать в цепочки при магнитопорошковом контроле?

Клинья тягового хомута являются деталями для которых не выполняется соотношение длины к ширине как 5:1, так как длина клиньев 300 мм а ширина 80 мм, поэтому, чтобы уменьшить размагничивающий фактор клинья составляют в цепочки или используют удлинители – специальные детали с торцом совпадающего с клином размера.

2.5.7. Зачем необходимо клинья тягового хомута наклонять при контроле?

Клинья тягового хомута являются деталями с плоской поверхностью, поэтому если их не наклонять, то наносимая суспензия будет оставаться лужами на неровной поверхности детали, а частицы концентрата суспензии оседают равномерным фоном, заслоняющим валики порошка, особенно тонкие и затруднять распознавание трещин. Поэтому клинья как и все детали с плоскими поверхностями следует располагать под небольшим наклоном, около 10 °, чтобы излишки суспензии стекали не создавали помеховый фон.

2.5.8. Как проводится проверка работоспособности средств магнитного контроля в начале смены?

В начале смены проверяется работоспособность всех средств магнитного контроля: намагничивающего устройства и индикатора с помощью стандартного или настроенного образца, находящегося на рабочем месте. Для этого проводится намагничивание и нанесение индикатора способом, применимым к данной детали и сравнение индикаторного рисунка несплошности образца с дефектограммой, которые должны совпадать. Затем остатки индикатора стирают с образца ветошью. После этого проводится размагничивание образца и повторное нанесение индикатора, чтобы убедиться, что индикатор на размагниченной детали над несплошностью образца не собирается и деталь размагничена.

2.5.9. Какие средства необходимо использовать совместно с МОН-721 для проверки качества магнитного индикатора?

Для проверки индикаторов необходим один из отраслевых образцов типа ОСО-Г-109...111 в зависимости от типа индикатора и заявленной для него чувствительности контроля. Так если индикатор способен выявлять дефекты по уровню А, а на детали реализуется только уровень В, то проверять надо на образце имеющем искусственный дефект по уровню А. Кроме того, для определения напряженности магнитного поля на образце необходим измеритель магнитного поля.

2.5.10. Какие вспомогательные средства и для чего необходимы на рабочем месте дефектоскописта по магнитопорошковому контролю?

Лупа – для осмотра и оценки состояния трудных участков – рисок, забоин, пазов, галтельных переходов и т. п. в случае трудностей расшифровки индикаторного рисунка.

Линейка или рулетка – для измерения длины индикаторного рисунка, местоположения дефекта для занесения этих параметров в журнал.

Мел – для разметки детали.

Ветошь, наждачная бумага, металлическая щетка – для очистки локальных участков детали от грязи, немагнитных покрытий и т.п.

Переносная лампа – для обеспечения необходимой освещенности на отдельных участках детали, особенно сложной формы.

Стеллажи, ящики или участки для разделения неконтролируемых, годных и бракованных деталей.

Журналы – для оформления параметров и результатов контроля.

Технологические карты – для соблюдения и реализации дефектоскопистом необходимых параметров и операций.

3. ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭКЗАМЕН

Так как экзамен проводится в соответствии со стандартом ГОСТ Р 54795-2011, в котором приводится минимальное число деталей для контроля следует помнить, что на железной дороге используются детали изготавливаемые разными способами: в основном литые (детали тележки, детали автосцепки) и катанные (оси, колеса, детали подшипников, стяжные болты). Поэтому при сдаче экзамена необходимо написать технологическую карту на контроль

одной из деталей и проконтролировать не менее 3 деталей, при этом изготовленных разным способом, то есть как минимум одна деталь должна быть литой или катанной.

Кандидату выдается лист задания, пример которого приведен ниже, в соответствии с которым он выполняет практическую часть экзамена, при этом на контроль выдаются только пронумерованные экзаменационные образцы.

В ходе практического экзамена кандидат составляет технологическую карту (пример в разделе 3.1) и заполняет протоколы контроля на каждую деталь отдельно (пример в разделе 3.2).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЭКЗАМЕНА

Дата 25.01.2016 г.

ФИО кандидата Служкин Виктор Сергеевич

Вид (метод) контроля акустический, акустико-эмиссионный, вихретоковый, магнитный

Сектор (объекты контроля)	Экзаменационный образец, номер	Суть задания	Роспись получившего
<i>Детали и составные части вагонов при ремонте</i>	<i>Средняя часть оси дефектоскопом МД-13ПР</i>	<i>Разработать технологическую карту</i>	
	<i>Стопорная планка № 101</i>	<i>Провести контроль образца</i>	
	<i>Упорное кольцо подшипника № 102</i>	<i>Провести контроль образца</i>	
	<i>Маятниковая подвеска № 103</i>	<i>Провести контроль образца</i>	

Задание выдал _____ / Бобров А..Л.

Технологическая карта №	1	Листов	2	Лист	1
Предприятие	Вагоноремонтное предприятие «Пермь-сортировочная»				
Утвердил			Вид / метод	Магнитный	
Проверил			Объекты (Сектор)	Детали и составные части вагонов при ремонте	
Разработал		Служкин В.С.			
Средства контроля			Наименование объекта	Ось, средняя часть	
Дефектоскоп	МД-13ПР		Размеры	по ГОСТ 22780-93	
Преобразователь/Индикатор	ДИАГМА-0473		Материал	Ос.В	
Стандартные образцы	ОСО-Г-110, СОП МП 32.04.000		Контроль выполнен по документу	ПР НК В.2, ТИ НК В.21-2	
Миллитесламетр	ТП2-2У				
Люксметр	ТКА-Люкс				
Устройство	МОН-721		Оценка качества	ПР НК В.2, ТИ НК В.21-2	
Вспом. средства	Лупа 4×, линейка, рулетка, мел,				
	краска, груша-спринцовка,				
	наждачная бумага 120				
Параметры контроля					
I	46 А, переменный		Освещенность	>1000 лк	
H _t	≥20 А/см (2,5 мТл)		Уровень		
H _n / H _t	≤3		чувствительности	Б	
Зона ДН	320 мм		Скорость		
Способ контроля	СПП		перемещения НУ	30 мм/с	
Способ намагнич.	полюсное				
Операции контроля					
1. Подготовка к контролю					
1.1. Установить колесную пару на позицию перед контролем.					
1.2. Осмотреть на наличие немагнитных покрытий и видимых дефектов, при наличии грязи и немагнитных покрытий очистить ось с помощью металлической щетки, наждачной бумаги или ветоши, при наличии видимых трещин и других недопустимых дефектов ось забраковать.					

2. Проведение контроля

- 2.1. Раскрыть разъемный соленоид и опустить его максимально вниз.
- 2.2. Установить колесную пару на роликовые опоры.
- 2.3. Разметить мелом ось выделив пять равных зон по окружности так , чтобы первая была на верхней поверхности.
- 2.4. Отрегулировать высоту соленоида так, чтобы зазор между его витками и осью сверху был не меньше, чем снизу.
- 2.5. Переместить тележку к ступице одного из колес на расстояние не более 150 мм от ступицы и замкнуть витки соленоида.
- 2.6. Нанести равномерно тонким слоем по всей длине средней части оси сухой магнитный порошок.
- 2.7. Включить намагничивание соленоида и осматривая поверхность средней части оси с двух сторон на расстоянии не более 150 мм с каждой стороны и сдувая последовательно порошок грушей в пределах этой зоны перемещать соленоид к противоположной стороне.
- 2.8. Соленоид выключить и еще раз осмотреть поверхность оси на наличие валиков порошка, при необходимости с помощью лупы и лампы.
- 2.9. Повернуть ось на одну пятую длины окружности (на следующую зону контроля).
- 2.10. Повторить контроль оси по п. 2.6-2.8 на втором участке и повернуть ось на следующую зону по окружности.
- 2.11. Повторить контроль на остальных участках цилиндрической части оси.
- 2.12. Для размагничивания после контроля всех участков оси переместить соленоид во включенном состоянии на середину оси и выключить.
- 2.13. Проверить качество размагничивания оси измерив нормальную составляющую на краях торцов, которая не должна превышать 5 А/см ($\approx 0,6$ мТл).

3. Оценка и оформление результатов контроля

- 3.1. Наличие поперечных и наклонных протяженных валиков магнитного порошка протяженность которых более 3 значений ширины свидетельствуют о возможном наличии дефекта. Отметить участок содержащий такие валики.
- 3.2. Зачистить локальный участок диаметром 50...100 мм, на котором был обнаружен валик наждачной бумагой до металлического блеска.
- 3.3. Повторить контроль локального участка, установив соленоид в этой зоне. При наличии валика измерить его длину при повторном контроле.
- 3.4. При наличии валика при повторном контроле ось бракуется.
- 3.5. В журнал установленной формы занести результаты контроля.

Протокол № _____ результатов контроля экзаменационного образца

Вид / метод	Магнитный
Объекты (Сектор)	Детали и составные части вагонов при ремонте
Наименование объекта,	Стопорная планка
Номер образца	230
Размеры	112×30×9
Материал	Ст3пс
Контроль выполнен согласно	ПР НК В.2, ТИ НК В.21-2
Оценка качества в соответствии с	ПР НК В.2, ТИ НК В.21-2

Средства контроля

Дефектоскоп	МД-12ПШ № 267	Дата поверки	21.11.2015 г.
Индикатор	ДИАГМА-0473	Дата поверки	годен до 04.2017 г.
Станд. образцы	ОСО-Г-110 № 3002	Дата поверки	21.11.2015 г.
Устр. проверки инд.	МОН-721 № 3002		-
Измеритель поля	МФ-23ИМ № 273	Дата поверки	21.11.2015 г.
Люксметр	ТКА-Люкс № 3454	Дата поверки	21.11.2015 г.

Реализованные параметры контроля

I	~46 А,	Освещенность	>1000 лк
H _t	≥20 А/см	Уровень чувствительности	В
H _n / H _t	≤3	Способ контроля	СПП
Зона ДН	370 мм	Способ намагнич.	полюсное

Результаты контроля

№ дефекта по дефектограмме	Координаты дефекта относительно нулевой отметки				Параметры дефекта	Тип дефекта
	Сторона	X, мм	Y, мм	Z, мм		
1	А	72	0	0	l=9 мм	трещина

Заключение	Стопорная планка № 230 содержит недопустимую поперечную трещину и подлежит браковке согласно ПР НК В.2, ТИ НК В.21-2
------------	--

Протокол составил _____ / В. С. Служкин / «25» января 2016 г.
 подпись Ф.И.О. дата

Председатель комиссии (Экзаменатор) _____ /

Члены комиссии (Помощники экзаменатора) _____ /

_____ /

