МИНИСТЕРСВО ОБАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

"Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого"

**Кафедра " Технологии и исследования материалов"**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**КЛАССИФИКАЦИЯ МАГНИТНЫХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И РЕШАЕМЫЕ ИМИ ЗАДАЧИ. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ МЕТОДАМИ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ**

Направление - "Металлургия"

Дисциплина "Неразрушающие методы контроля"

Выполнил:

студент гр.13346/7 <подпись> Сидоров Н.А.

Принял:

Доцент, к.т.н. <подпись> Новиков Е.В.

Санкт-Петербург

2018

# Введение

Исследование и разработка методов контроля трещин в материалах-актуальная задача металловедения, позволяющая на начальных стадиях производства установить и устранить брак, предотвратить аварии, определить качество выполняемых работ, повысить безопасность эксплуатации опасных производственных объектов. К настоящему времени накоплен значительный опыт проведения неразрушающего контроля, однако возможности его применения далеко не исчерпаны.

Неразрушающий контроль (НК) — контроль надёжности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов/узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа [1].

Основными методами неразрушающего контроля являются:

* магнитный
* электрический
* вихретоковый
* радиоволновой
* тепловой
* оптический
* радиационный
* акустический (ультразвуковой)
* проникающими веществами
* виброакустический
* визуальный (ВИК)

Магнитные методы неразрушающего контроля основаны на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом. Их используют для контроля размеров, нарушений сплошности, структуроскопии и определения фазового состава ферромагнитных материалов (никель, железо, кобальт и ряд сплавов на их основе). Еще в XIX в. магнитные методы контроля впервые применили для оценки структурного состояния материалов и прочностных характеристик изделий - корпусов разрывных снарядов, ружейных затворов, ружейных и артиллерийских стволов. На Тульском Императорском военном и Златоустовском горно-металлургическом заводах для контроля использовали магнитную установку - электромагнитный баланс. Уже первые попытки введения такого контроля на Тульском заводе позволили

выявить до 65% бракованных стволов ружей [2].

Целью данной курсовой работы является изучение основных методов магнитного неразрушающего контроля, области их применения и решаемые ими задачи.

# Глава 1. Магнитные методы контроля

# 1.1 Классификация методов магнитного неразрушающего контроля

Магнитный неразрушающий контроль - неразрушающий контроль, основанный на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, или на определении магнитных свойств объекта контроля.

Согласно ГОСТ 24450-80 существуют следующие методы магнитного неразрушающего контроля:

* *Магнитопорошковый метод* - метод магнитного нк (неразрушающего контроля, основанный на использовании в качестве индикатора магнитного порошка.
* *Индукционный метод* - метод магнитного нк, основанный на регистрации магнитных полей объекта контроля индукционными преобразователями.
* *Феррозондовый метод* - метод магнитного нк, основанный на регистрации магнитных полей объекта контроля феррозондовыми преобразователями.
* *Метод эффекта Холла* - метод магнитного нк, основанный на регистрации магнитных полей объекта контроля преобразователями Холла.
* *Магнитографический метод* - метод магнитного нк, основанный на записи магнитных полей объекта контроля на магнитный носитель с последующим воспроизведением сигналограммы.
* *Магниторезистивный метод* - метод магнитного нк, основанный на регистрации магнитного поля объекта контроля магниторезистивными преобразователями.
* *Пондеромоторный метод* - метод магнитного нк, основанный на пондеромоторном взаимодействии регистрируемого магнитного поля объекта контроля и магнитного поля постоянного магнита, электромагнита или рамки с током.
* *Магнитополупроводниковый метод* - метод магнитного нк, основанный на регистрации магнитного поля объекта контроля магнитополупроводниковыми приборами [4,7,8].

**1.2.1 Магнитопорошковый метод**

Область применения:

Применяется для контроля полуфабрикатов, деталей, узлов, элементов конструкций, изделий и других объектов из ферромагнитных материалов с относительной магнитной проницаемостью не менее 40 - из сталей обыкновенного качества, углеродистых качественных, низколегированных и высоколегированных сталей (далее - объекты) в условиях производства, ремонта и эксплуатации [5].

Технические возможности:

Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля основан на притяжении магнитных частиц силами неоднородных магнитных полей, образующихся над дефектами в намагниченных объектах, с образованием в зонах дефектов индикаторных рисунков в виде скоплений магнитных частиц. Наличие и протяженность индикаторных рисунков регистрируют визуально, с помощью оптических приборов или автоматическими устройствами обнаружения и обработки изображений.

Объектами МПК являются разнообразные полуфабрикаты, детали, узлы, элементы конструкций и изделий, сварные, клепаные и болтовые соединения, в том числе с защитными или защитно-декоративными покрытиями, включая объекты, находящиеся в конструкции летательных аппаратов, механизмов, машин, оборудования, средств транспорта и другой техники.

Магнитопорошковый метод позволяет обнаруживать поверхностные и подповерхностные дефекты типа нарушений сплошности материала: трещины различного происхождения (шлифовочные, ковочные, штамповочные, закалочные, усталостные, деформационные, травильные и др.), флокены, закаты, надрывы, волосовины, расслоения, дефекты сварных соединений (трещины, непровары, шлаковые, флюсовые и окисные включения, подрезы) и др.

Необходимым условием применения МПК для выявления дефектов является наличие доступа к объекту контроля для намагничивания, обработки индикаторными материалами, осмотра и оценки результатов контроля.

Магнитопорошковый метод позволяет обнаруживать при соответствующих условиях визуально невидимые и слабо видимые поверхностные дефекты со следующими минимальными размерами: раскрытием 0,001 мм; глубиной 0,01 мм; протяженностью 0,5 мм, а также более крупные.

Результаты контроля объектов магнитопорошковым методом зависят от следующих факторов:

- магнитных характеристик материала объектов;

- формы и размеров объектов контроля;

- вида, местоположения и ориентации отыскиваемых дефектов;

- степени доступности зон контроля, особенно в случае контроля объектов, установленных в конструкции изделия;

- шероховатости поверхности;

- наличия и уровня поверхностного упрочнения;

- толщины немагнитных покрытий;

- напряженности магнитного поля и его распределения по поверхности объекта контроля;

- угла между направлением намагничивающего поля и плоскостями выявляемых дефектов;

- свойств магнитного индикатора;

- способа его нанесения на объект контроля;

- интенсивности магнитной коагуляции порошка в процессе выявления дефектов;

- способа и условий регистрации индикаторных рисунков выявляемых дефектов.

Магнитопорошковый метод может быть использован для контроля объектов с немагнитным покрытием (слоем краски, лака, хрома, меди, кадмия, цинка и др.). Объекты с немагнитными покрытиями суммарной толщиной до 40-50 мкм могут быть проконтролированы без существенного уменьшения выявляемости дефектов.

Аппаратная часть метода:

В зависимости от целей и задач контроля, условий проведения работы и других факторов при МПК объектов может быть использована следующая аппаратура:

- универсальные стационарные дефектоскопы;

- специализированные стационарные дефектоскопы, в том числе автоматизированные, разработанные применительно к контролю однотипных объектов;

- универсальные портативные (переносные) магнитопорошковые дефектоскопы, разработанные применительно к контролю разнотипных элементов конструкций, деталей, узлов и других объектов, а также специализированные портативные дефектоскопы;

- стационарные или переносные источники освещения или УФ-облучения контролируемой поверхности;

- приборы для измерения намагничивающего и размагничивающего магнитного поля (напряженности или индукции) с погрешностью не выше 10%;

- индикаторы магнитного поля;

- приборы для определения кинематической или условной вязкости магнитных суспензий (вискозиметры);

- приборы для измерения уровня освещенности и УФ-облученности контролируемой поверхности;

- размагничивающие устройства;

- приборы для оценки уровня размагничивания (при необходимости размагничивания объектов после контроля);

- приборы для количественной оценки чувствительности магнитных индикаторов и концентрации магнитного порошка в суспензиях;

- устройства для осмотра контролируемой поверхности и регистрации дефектов: смотровые оптические приборы (лупы, бинокулярные стереоскопические микроскопы, зеркала, эндоскопы), телевизионные системы, а также автоматизированные устройства обнаружения, регистрации и обработки изображений;

- контрольные образцы для оценки работоспособности магнитопорошковых дефектоскопов и магнитных индикаторов.

Требования к магнитопорошковым дефектоскопам и намагничивающим устройствам должны соответствовать ГОСТ Р 53700.

Выбор магнитного индикатора:

В качестве магнитных индикаторов при магнитопорошковом контроле применяют магнитные порошки, суспензии, аэрозоли, воздушные взвеси и магнитогуммированные пасты.

Для приготовления магнитных суспензий могут использоваться концентраты или магнитные пасты — это полуфабрикаты магнитных суспензий в виде консистентной смеси ферромагнитного порошка, стабилизатора суспензии, ингибитора коррозии, смачивателя, вязкого связующего и других компонентов. Перед применением концентрат (пасту) разводят в дисперсионной среде.

Магнитогуммированные пасты — это затвердевающие консистентные смеси ферромагнитного порошка, пластификатора и других вспомогательных компонентов в дисперсионной среде на основе хлоркаучука, циклокаучука, наирита или другого полимера. Как правило, они используются для обнаружения дефектов в труднодоступных местах, например, на стенках глубоких отверстий.

Основу магнитных индикаторов составляют порошки железа, никеля, их окислов или ферриты. В зависимости от шероховатости и цвета поверхности объекта контроля используют магнитные порошки, имеющие естественную окраску (черные, красно-коричневые) либо окрашенные - цветные (красные, желтые или белые и др.) или люминесцирующие.

Средний размер частиц магнитного порошка, предназначенного для нанесения сухим способом, должен быть не более 200 мкм, а при контроле объектов способом воздушной взвеси порошка - не более 10 мкм. В зависимости от целей и задач контроля размеры порошков могут быть другими.

Максимальный размер частиц магнитных порошков, предназначенных для использования в суспензиях, должен быть не более 60 мкм.

Магнитный индикатор выбирают с учетом:

- требуемой чувствительности МПК;

- свойств магнитного индикатора;

- вида и местоположения отыскиваемых дефектов;

- цвета поверхности объектов контроля и ее шероховатости;

- условий проведения работ по контролю;

- требуемой производительности труда;

- технических и экономических возможностей предприятия.

Способ контроля:

При магнитопорошковом контроле объектов применяют два способа контроля:

- способ остаточной намагниченности (СОН);

- способ приложенного поля (СПП).

Контроль СОН и СПП при оптимальных режимах позволяет обеспечивать одинаковую высокую чувствительность к дефектам.

При контроле СОН проверяемые объекты сначала намагничивают, затем после прекращения намагничивания на контролируемую поверхность наносят магнитный индикатор и осматривают ее с целью обнаружения индикаторных рисунков дефектов. Промежуток времени между этими операциями должен быть не более 3-4 ч. Осмотр поверхности проводят после стекания основной массы суспензии.

Способ остаточной намагниченности в основном применяют при контроле объектов, изготовленных из магнитотвердых материалов, когда их коэрцитивная сила составляет более 9,5-10,0 А/см (12 Э), и в которых процессы технического намагничивания и перемагничивания осуществляются в сильных магнитных полях.

При контроле СПП магнитный индикатор наносят перед намагничиванием или в процессе намагничивания. При этом индикаторные рисунки дефектов образуются во время намагничивания. Сначала прекращают нанесение индикатора на объект контроля, затем - намагничивание. Осмотр контролируемой поверхности проводят при намагничивании и (или) после прекращения намагничивания и стекания основной массы суспензии.

Способ приложенного поля обычно применяют для контроля объектов из магнитомягких материалов, т.е. материалов, обладающих высокой магнитной проницаемостью, малой коэрцитивной силой (менее 10 А/см), малыми потерями энергии на перемагничивание и способных намагничиваться и перемагничиваться в слабых магнитных полях.

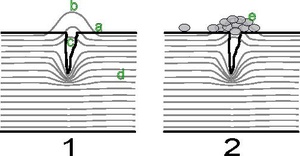


Рис.1.2.1.1 Распределение магнитного поля вокруг дефекта в ферромагнитном материале [3]

Технологические операции и способы магнитопорошкового контроля.

Магнитопорошковый контроль включает следующие технологические операции:

- намагничивание;

- нанесение магнитного индикатора;

- осмотр контролируемой поверхности и обнаружение дефектов

- оценка и оформление результатов контроля;

- размагничивание (при необходимости);

- заключительные операции.

При МПК применяют следующие виды намагничивания:

- циркулярное;

- продольное (полюсное);

- индукционное циркулярное;

- комбинированное;

- во вращающемся магнитном поле;

- способом магнитного контакта.

**1.2.2 Феррозондовый метод**

Основные положения:

Феррозондовый метод неразрушающего контроля основан на выявлении феррозондовым преобразователем магнитного поля рассеяния дефекта в намагниченных изделиях и преобразовании его в электрический сигнал [6].

Метод служит для выявления поверхностных и подповерхностных (лежащих в толще материала) дефектов типа нарушений сплошности: волосовин, трещин, раковин, закатов, плен, ужимов и т.п.

Метод позволяет контролировать изделия любых размеров и форм, если отношение их длины к наибольшему размеру в поперечном направлении и их магнитные свойства дают возможность намагничивания до степени, достаточной для создания магнитного поля рассеяния дефекта, обнаруживаемого с помощью преобразователя.

Метод разрешается применять также для выявления дефектов типа нарушения сплошности сварных швов, для контроля качества структуры и геометрических размеров изделий.

Чувствительность метода определяется магнитными характеристиками материала контролируемого изделия, его формой и размерами, способом контроля и видом намагничивания, чувствительностью применяемого преобразователя и электронной аппаратуры, а также магнитным полем рассеяния дефекта.

Чувствительность метода проверяют на стандартных образцах, имеющих естественные или искусственные дефекты.

В зависимости от размеров выявляемых поверхностных и подповерхностных дефектов, а также глубины их залегания устанавливаются пять условных уровней чувствительности метода, указанных в табл.1.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Условные уровни чувствительности метода | Минимальный размер выявляемых дефектов | | Максимальная глубина залегания дефекта, мм |
|  | Ширина (раскрытие), мм | Глубина, мм |  |
| Поверхностные | | | |
| А | 0,1 | 0,2 | - |
| Б | Св. 0,1 до 0,5 | Св. 0,2 до 1,0 | - |
| Подповерхностные | | | |
| В | 0,3 | 0,5 | 10,0 |
| Г | 0,3 | Св. 0,5 до 1,0 | 10,0 |
| Д | Св. 0,3 до 0,5 | " 0,5 " 1,0 | 5,0 |

Аппаратная часть метода:

Аппаратура для проведения контроля феррозондовым методом должна обеспечивать:

* проведение намагничивания изделий;
* выявление дефектов;
* проведение размагничивания изделий;
* измерение напряженности поля намагничивания и размагничивания изделий.

Аппаратуру для выявления дефектов подразделяют на:

* аппаратуру для автоматизированного скоростного контроля - феррозондовые установки, дефектоскопы;
* аппаратуру для ручного контроля - переносные феррозондовые дефектоскопы.



Рис. 1.2.2.1 Дефектоскоп-градиентометр феррозондовый ДФ-201.1А

Технологические операции:

Феррозондовый метод контроля предусматривает следующие технологические операции:

* подготовку изделия к контролю;
* намагничивание контролируемого изделия;
* сканирование и получение сигнала от дефекта;
* разбраковку;
* размагничивание.

Изделия, подаваемые на намагничивающие устройства, должны быть очищены от ферромагнитных частиц и других загрязнений.

В зависимости от магнитных свойств материала, размеров и формы контролируемого изделия применяют два способа контроля:

* способ приложенного магнитного поля;
* способ остаточной намагниченности.

Контроль способом приложенного поля заключается в намагничивании изделия и одновременной регистрации напряженности магнитных полей рассеяния дефектов преобразователем в присутствии намагничивающего поля.

Контроль способом остаточной намагниченности заключается в намагничивании изделия и регистрации напряженности магнитных полей рассеяния дефектов преобразователем после снятия намагничивающего поля.

Контроль способом приложенного магнитного поля следует применять для изделий из материалов с низкими значениями коэрцитивной силы (<1280 А/м) и остаточной индукции (<0,53 Т), если способ контроля не установлен в технической документации на контроль изделия, утвержденной в установленном порядке.

Контроль способом остаточной намагниченности следует применять для изделий из материалов с высокими значениями коэрцитивной силы более 1280 А/м и остаточной индукции более 0,53 T.

При феррозондовом методе контроля применяют три вида намагничивания: циркулярное, продольное (полюсное) и поперечное (полюсное). Основные виды и способы намагничивания и схемы их осуществления приведены в таблице 2.

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид намагничивания | Способ намагничивания | Схема намагничивания |
| Циркулярное | Пропусканием тока по изделию | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |
|  | Пропусканием тока по проводнику, помещаемому в отверстие изделия | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |
|  | С помощью контактов, устанавливаемых на изделии | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |
| Продольное (полюсное) | Постоянным магнитом | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |
|  | Электромагнитом | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |
|  | Соленоидом | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |
| Поперечное (полюсное) | Постоянным магнитом | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |
|  | Электромагнитом | ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод (с Изменениями N 1, 2) |

Обозначения на чертежах означают: *И* - изделие; *Ф* - магнитный поток; *l* - намагничивающий ток.

**1.3 Основные задачи, решаемые методами магнитного нк**

Дефектоскопия - Определение поверхностных дефектов типа нарушений сплошности металла в ферромагнитных изделиях.

Измерения толщины - Определение толщины немагнитных и слабомагнитных покрытий на ферромагнитных изделиях, толщины азотированного и цементированного слоев, слоя поверхностной закалки.

Контроль структуры и механических свойств - Определения качества термообработки, количества магнитной фазы в немагнитных сплавах, механических характеристик ферромагнитных сталей, остаточного аустенита, магнитной анизотропии [10].

# Глава 2. Магнитная структуроскопия

Большинство свойств сталей и сплавов определяется их внутренним строением. Имея достоверные методы определения внутреннего строения (атомнокристаллической структуры составляющих фаз и ее несовершенств, микроструктуры, микро- и макрораспределения легирующих элементов) сталей, можно оценить различные физико-механические характеристики стальных изделий [9].

Магнитные свойства, как известно, весьма чувствительны к изменениям, происходящим в фазовом и химическом составах, структурном и напряженном состояниях сталей и сплавов. Именно высокая чувствительность магнитных свойств к указанным факторам стала основой для создания нового научного направления магнитного структурно-фазового анализа.

Магнитная структуроскопия - определение структуры материала объекта контроля методами магнитного неразрушающего контроля.

Основная задача магнитной структуроскопии- установление закономерных связей между магнитными свойствами металлов и сплавов и их структурно-фазовым состоянием и механическими свойствами, на основе которых разрабатываются методы и средства неразрушающего контроля промышленных изделий.

Основные области применения методов магнитной структуроскопии:

• определение структурного состояния и механических свойств холодно- и горячекатанных сталей;

• контроль структурного состояния и прочностных характеристик объемнотермообработанных стальных и чугунных изделий;

• определение фазового состава и пористости, выявление пара- и ферромагнитных участков с различающимися физическими свойствами в литых, металлокерамических изделиях и сварных соединениях;

• оценка напряженного состояния и его изменений в материалах и конструкциях после термической обработки и пластического деформирования, а также в процессе эксплуатации;

• выявление кристаллографической текстуры, анизотропии механических свойств при пластическом деформировании листового проката;

• контроль структуры, физико-механических свойств и толщины упрочненного слоя после обработки изделий различными методами;

• сортировка изделий по маркам, качественная оценка содержания основных легирующих элементов;

• определение кристаллографической структуры.

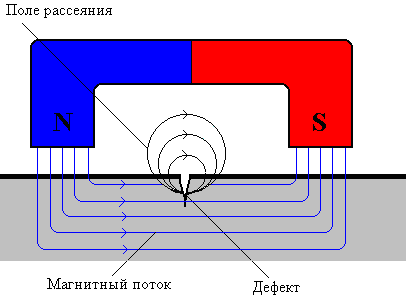


Рис. 2.1 Поле рассеяния над дефектом.

Магнитные и электромагнитные методы, предназначенные для контроля структуры и механических свойств материалов, полуфабрикатов и изделий, нашли широкое применение в металлургической, машиностроительной, химической и аэрокосмической промышленности. Для решения задач структуроскопии ферромагнитных изделий применяют в основном следующие методы: коэрцитиметрические, измерения остаточной индукции, магнитной проницаемости, с использованием магнитоупругих эффектов, электромагнитные, токовихревые и многочастотные (высших гармоник и магнитошумовые). По каждому из перечисленных методов ведутся разработки средств неразрушающего контроля, использование которых позволяет решить большинство задач НК, стоящих перед современной промышленностью. Недостатком в применении разрабатываемых средств является то, что они, как правило, не имеют метрологической аттестации, поэтому их массовое использование и серийный выпуск затруднены. Разработанные стандарты практически не охватывают такую широкую область, как контроль физико-механических свойств (за исключением стандартов на контроль качества проката).

При структуроскопии широкое применение получил метод измерения коэрцитивной силы. Коэрцитиметрические методы контроля благодаря высокой чувствительности к структурным изменениям и фазовым превращениям, достаточной простоте, значительной точности, слабой зависимости от геометрических размеров и возможности проведения измерений в локальных участках изделий получили наиболее широкое распространение из всех магнитных методов НК. Приборы, осуществляющие контроль таким методом, называются коэрцитиметры или структуроскопы.

|  |  |
| --- | --- |
| http://www.ncontrol.ru/upload/122.jpg | http://www.kropus.ru/upload/imgzoom/b49/b4920d5d9aba78b4fab5f55dbd777b22.jpg |
| Рис. 2.2 Магнитный структуроскоп «КРМ-Ц» | Рис. 2.3 КИМ-2М  Портативный импульсный коэрцитиметр |

# Заключение

Магнитные методы применяются для контроля размеров, нарушений сплошности, структуроскопии и определения фазового состава ферромагнитных материалов. Преимущество данных методов в том, что для контроля не требуется выводить исследуемые детали и узлы из работы, а также магнитные методы позволяют решать уникальные задачи, которые другими методами НК решить было бы невозможно или довольно сложно. Из недостатков данных методов стоит отметить разве что их применимость только к ферромагнитным материалам.

# Список литературы

1. Неразрушающий контроль. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Неразрушающий_контроль>
2. Клюев В.В. (Ред.) Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Машиностроение, 2003. — 656 с.
3. Приборы неразрушающего контроля. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Приборы_неразрушающего_контроля>
4. ГОСТ 24450-80 Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения
5. ГОСТ Р 56512-2015 Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод. Типовые технологические процессы
6. ГОСТ 21104-75 Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод
7. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов
8. ГОСТ Р 56542-2015 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов
9. П. Беда, Б. Выборнов, Ю. Глазков, С. Луцько, Неразрушающий контроль металлов и изделий, справочник 1976 – 456 с.
10. Г.В. Бида, Магнитные свойства термоупроченных сталей и неразрушающий контроль их качества. М.: Маршрут, 2006. – 304 с.,

ISBN 5-89035-326-8