ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58599— 2019

Техническая диагностика

ДИАГНОСТИКА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. МАГНИТНЫЙ КОЭРЦИТИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

Общие требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Технический центр «Сварка и контроль в строительстве» (ООО «ТЦ «СКС»), Обществом с ограниченной ответственностью «Магнитометрическая диагностика» (ООО «Магнитометрическая диагностика»), Обществом с ограниченной ответственностью «Инженерно-консультативный центр «КРАН» (ООО «Инженерно-консультативный центр «КРАН»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 132 «Техническая диагностика. Расчеты и испытания на прочность»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 октября 2019 г. № 991-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальны стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Обозначения и сокращения 3
5 Общие положения 4
6 Требования безопасности 5
7 Требования к средствам измерений 5
8 Подготовка и проведение измерений 6
9 Обработка результатов измерений 6
10 Правила оформления результатов измерений 7
Приложение А (справочное) Механические и магнитные свойства горячекатаного проката из углеродистых и низколегированных сталей 8
Приложение Б (рекомендуемое) Форма протокола измерений коэрцитивной силы 9
Библиография 10

Введение

Диагностика металлических конструкций с применением метода измерения коэрцитивной силы (ММК — метод магнитный коэрцитиметрический) в последние годы получает все более широкое применение в качестве одного из наиболее перспективных методов обеспечения безаварийной эксплуатации важных технических объектов в целом ряде отраслей: металлургии (ГОСТ 30415), машиностроении, атомной энергетике, строительстве и др. Особенно эффективно применение ММК там, где стальные элементы конструкции подвержены длительным статическим или циклическим нагрузкам: строительные металлоконструкции по [1], подъемно-транспортные сооружения по [2], сосуды, работающие под давлением, трубопроводы, подвижной состав РЖД и др.

Преимуществом ММК является получение более детальной по сравнению со стандартными методами неразрушающего контроля информации о техническом состоянии объектов. Имеются многочисленные примеры его эффективного применения при обследовании металлоконструкций различного назначения[1)].

Настоящий стандарт разработан с целью обеспечения методической основы для создания инженерных методик диагностики и контроля технического состояния огромного числа важных технических объектов по критерию уровня накопленных эксплуатационных повреждений.

[1)] Арефьев Ю.В. Опыт применения коэрцитиметрии при обследовании строительных металлоконструкций / Ю.В. Арефьев, А.А. Шалыго // В мире НК. — 2016. — Т. 19. — № 1. — С. 44—48.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Техническая диагностика

ДИАГНОСТИКА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. МАГНИТНЫЙ КОЭРЦИТИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

Общие требования

Technical diagnostics. Diagnostics of steel constructions. Magnetic coercimetric method. General requirements

Дата введения — 2020—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на магнитный коэрцитиметрический метод (ММК) диагностики стальных металлоконструкций, изготовленных из ферромагнитных углеродистых и низколегированных конструкционных сталей по ГОСТ 380, ГОСТ 19281, ГОСТ 27772, включая строительные металлоконструкции, изготовленные из сталей по ГОСТ 27772, по результатам измерений коэрцитивной силы и предназначен для контроля физико-механических свойств металла конструкций, влияющих на величину фактического остаточного ресурса. Диагностика конструкций методом измерения коэрцитивной силы не распространяется на обнаружение в металле таких дефектов, как пленки, закаты, расслоения, поры, включения, трещины, непровары в сварных соединениях и др., наличие или отсутствие которых устанавливают стандартными методами неразрушающего контроля: ультразвуковым, рентгенографическим, вихретоковым, магнито-порошковым, капиллярным и др.

Диагностику конструкций по коэрцитивной силе применяют при оценке состояния металла как совокупного показателя накопления повреждений (отработанного ресурса) в результате воздействия эксплуатационных факторов. ММК позволяет выявлять элементы конструкции, в которых деградация металла достигла величины, соответствующей переходу металла в упругопластическое состояние, или критического уровня исчерпания запаса пластичности и перехода в стадию разрушения металла.

Метод, регламентируемый настоящим стандартом, применяется:

- при текущем обследовании металлоконструкций, а также металлоконструкций, подлежащих реконструкции, с целью уточнения исходных расчетных параметров;
- на металлоконструкциях, которые в период эксплуатации подвергались воздействию непредусмотренных нагрузок;
- во вновь смонтированных, сложных металлоконструкциях, в расчетных моделях которых не могут быть учтены все факторы, влияющие на несущую способность элементов;
- при мониторинге состояния конструкции в целом или ее отдельных частей, включая оценку ресурсных характеристик;
- при проведении экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов для уточнения местонахождения зон концентрации напряжений и повышенной эксплуатационной поврежденности металла с оценкой уровня этой поврежденности;
- при выполнении экспериментов на натурных моделях, образцах с целью уточнения расчетных схем, получения зависимостей величины коэрцитивной силы от уровня усталостных повреждений металла при различном напряженном состоянии.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

Издание официальное

ГОСТ 7.32 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.038 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.002 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 380 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки

ГОСТ 427 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 1497 (ИСО 6892—84) Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 19281 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия

ГОСТ 27772 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 28840 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования

ГОСТ 30415 Сталь. Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлоконструкции магнитным методом

ГОСТ Р 8.563 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ГОСТ Р 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ Р 55612 Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 55612, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **аварийное состояние:** Категория технического состояния конструкции, характеризующегося повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании ресурса.

3.2 **деградация механических свойств стали:** Процесс изменения под воздействием эксплуатационных факторов контролируемых механических характеристик стали по сравнению с аналогичными характеристиками, имеющимися в проектно-конструкторской документации и нормативных документах.

3.3

дефект: Каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. [ГОСТ 15467—79, статья 38]

3.4 **калибровочный образец:** Образец из стали определенного состава/марки, прошедший термообработку по заданному режиму, с определенным значением коэрцитивной силы, предназначенный для калибровки и настройки коэрцитиметра.

3.5 **коэрцитивная сила:** Напряженность магнитного поля, необходимая для полного размагничивания предварительно намагниченного до насыщения ферромагнетика.

3.6 **коэрцитиметр:** Прибор для измерения величины коэрцитивной силы металла.

3.7 **магнитометрическая диагностика:** Контроль технического состояния металлоконструкций из ферромагнитных материалов на основе измерения магнитных параметров металла.

3.8

наработка: Продолжительность или объем работы объекта.

Примечание — Наработка может быть как непрерывной величиной (продолжительность работы в часах, километраж пробега и т. п.), так и дискретной величиной (число рабочих циклов, запусков и т. п.).

[ГОСТ 27.002—2015, статья 3.3.1]

3.9 **ограниченно-работоспособное состояние:** Категория технического состояния конструкции, при котором имеются дефекты, приводящие к снижению механических характеристик, но отсутствует опасность внезапного разрушения и функционирование конструкции возможно при контроле ее состояния, продолжительности и условий эксплуатации.

3.10

остаточный ресурс: Суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до момента достижения предельного состояния.

[ГОСТ 27.002—2015, статья 3.3.5]

Примечание — В настоящем стандарте под предельным состоянием конструкции следует понимать состояние, соответствующее предразрушению ее «слабого звена» (см. 3.13): появлению магистральной трещины, исчерпанию ресурса пластичности и т. д. в зависимости от вида нагружения конструкции.

3.11 **относительный остаточный ресурс:** Выраженное в процентах отношение остаточного ресурса конструкции к ее ресурсу.

3.12

ресурс: Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния.

[ГОСТ 27.002—2015, статья 3.3.4]

3.13 **«слабое звено»:** Несущий (расчетный) элемент металлоконструкции, показавший максимальные значения коэрцитивной силы при техническом диагностировании ММК, по величине которого рассчитывают остаточный ресурс конструкции в целом.

3.14

техническая диагностика: Область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

[ГОСТ 20911—89, статья 3]

3.15

техническое диагностирование: Определение технического состояния объекта.

Примечания

1 Задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния; поиск места и определение причин отказа (неисправности); прогнозирование технического состояния.

2 Термин «Техническое диагностирование применяют в наименованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности).

Термин «Контроль технического состояния» применяется, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния.

[ГОСТ 20911—89, статья 4]

3.16

техническое состояние объекта: Состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

[ГОСТ 20911—89, статья 2]

3.17 **усиление конструкции:** Комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение (восстановление) несущей способности и эксплуатационных свойств отдельных элементов и конструкции в целом, находящихся в аварийном или ограниченно-работоспособном состоянии.

4 Обозначения и сокращения

4.1 В настоящем стандарте использованы следующие условные обозначения:

H_c — коэрцитивная сила, А/см;

H_{max} — максимальное значение коэрцитивной силы в металле контролируемого элемента металлоконструкции, А/см;

$H_п$ — коэрцитивная сила металла в состоянии поставки, А/см;

H_f — коэрцитивная сила металла в состоянии предразрушения (соответствует временному сопротивлению разрушению при стендовых испытаниях), А/см;

$H_т$ — значение коэрцитивной силы, соответствующее физическому пределу текучести металла при стендовых испытаниях, А/см;

H_l — значение коэрцитивной силы, измеренное вдоль приложения нагрузки, А/см;

H_t — значение коэрцитивной силы, измеренное поперек приложения нагрузки, А/см;

σ — механическое напряжение, МПа;

ε — относительная деформация, %;

$\sigma_т$ — физический предел текучести, МПа;

$\sigma_в$ — временное сопротивление, МПа;

T — время эксплуатации (наработка) конструкции на момент контроля ММК;

P — ресурс работы конструкции;

$P_{ост}$ — остаточный ресурс работы конструкции;

$P'_{ост}$ — относительный остаточный ресурс работы конструкции, %.

4.2 В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

КО — калибровочный образец;

ММК — магнитный коэрцитиметрический метод;

СИ — средство измерения;

НДС — напряженно-деформированное состояние.

5 Общие положения

5.1 ММК основан на существующей зависимости между уровнем эксплуатационной поврежденности структуры металла контролируемой конструкции и величиной изменения его коэрцитивной силы H_c внутри диапазона от состояния поставки $H_п$ до состояния, соответствующего предразрушению H_f. Этот диапазон изменения коэрцитивной силы характерен для каждой марки стали.

5.2 Значение H_c для каждой марки стали зависит от следующих основных факторов:

- термомеханической обработки проката и его вида (лист, профильные и круглые трубы, фасонный прокат и др.);
- толщины металла;
- химического состава/марки стали в зависимости от содержания легирующих элементов в пределах диапазона изменения, регламентируемого нормативными документами;
- величины зерна и степени структурной неоднородности.

5.3 Из перечисленных факторов наибольшее влияние на диапазон изменения коэрцитивной силы оказывают технологические операции получения проката. Для данной марки стали значения H_c горячекатаного, термически обработанного и холоднокатаного проката могут отличаться в 4 раза.

5.4 На показания СИ (коэрцитиметры с накладными преобразователями) оказывает влияние толщина контролируемых изделий, особенно в диапазоне 1—5 мм. Поэтому перед обследованием соответствующих конструкций с целью увеличения точности контроля следует провести стендовые испытания и построить градуировочные зависимости показаний СИ от механических характеристик металлопроката заданной толщины для данных сортамента и марки стали.

5.5 Минимальное значение коэрцитивной силы соответствует металлу при минимальных остаточных напряжениях после операции отжига. Максимальное значение коэрцитивной силы H_f определяется для каждой стали на стадии предразрушения путем измерения H_c в процессе стендовых испытаний на растяжение по ГОСТ 1497 стандартных образцов при статическом нагружении с использованием машин для механических испытаний материалов по ГОСТ 28840.

5.6 В состоянии поставки металла коэрцитивная сила $H_п$ всегда больше, чем у отожженного металла. При этом у холоднокатаного или термомеханически упрочненного металла $H_п$ может быть в несколько раз больше, чем у отожженного металла одной и той же марки стали.

5.7 Значения H_c от состояния поставки до состояния, соответствующего началу разрушения, увеличиваются в 3—4 раза. Такой диапазон изменения H_c позволяет с высокой степенью достоверности определять моменты эксплуатации конструкции, соответствующие переходу ее металла от упругой деформации к пластической, а также наступление состояния предразрушения.

5.8 Зная марку стали, значения H_n, H_f, измеренное текущее значение H_c, а также период времени T, который отработала конструкция до достижения значения H_c, можно спрогнозировать ее остаточный ресурс.

Примечания — Чем больше контрольных измерений текущего значения H_c через определенные промежутки времени (обычно 1—3 года), тем выше достоверность прогноза остаточного ресурса.

5.9 Для контроля поврежденности металла по величине H_c используют следующие СИ:

- коэрцитиметры;
- преобразователи измерения коэрцитивной силы приставного типа (накладные преобразователи);
- КО для настройки приборов.

5.10 СИ (коэрцитиметр с преобразователями), используемые для контроля состояния металла, подлежат сертификации и метрологической поверке в соответствии с действующим законодательством.

5.11 Рекомендуемый настоящим стандартом метод может служить основой для составления методик выполнения измерений по ГОСТ Р 8.563.

6 Требования безопасности

6.1 К выполнению измерений ММК допускают операторов, обладающих навыками эксплуатации оборудования магнитометрической диагностики, умеющих пользоваться нормативными документами и технической документацией по магнитным методам контроля, прошедших обучение работе с применяемыми СИ и аттестованных на знание правил безопасности в соответствующей отрасли промышленности.

6.2 При проведении измерений оператор должен руководствоваться ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002 и правилами технической безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей по ГОСТ Р 12.1.019 и ГОСТ 12.1.038.

6.3 Измерения проводят в соответствии с требованиями безопасности, указанными в инструкции по эксплуатации аппаратуры, входящей в состав используемых СИ.

6.4 При проведении измерений внутри помещений последние должны соответствовать требованиям [3] и [4].

6.5 При организации работ по применению ММК должны быть соблюдены требования пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004.

7 Требования к средствам измерений

7.1 СИ должны обладать свойством зазороустойчивости, под которой понимают возможность измерения H_c с допустимой погрешностью при изменении немагнитного (в т. ч. воздушного) зазора между полюсными наконечниками преобразователя и поверхностью плоского КО в пределах, предусмотренных технической документацией на СИ.

7.2 СИ должны обеспечивать измерение коэрцитивной силы в диапазоне от 1 до 60 А/см с относительной погрешностью не более 5 %.

7.3 СИ должны обладать такими характеристиками, как портативность и небольшой (до 3 кг) вес, удобство работы в полевых условиях, а также на высотных сооружениях и автономное питание для работы на опасных производственных объектах категорий 1—4 [5].

7.4 Могут быть использованы коэрцитиметры с приставными датчиками, которые обеспечивают стабильные результаты с точностью, гарантированной производителем приборов, на толщинах стальных элементов конструкций до 30 мм.

Примечание — Функция настройки глубины контроля может быть реализована как набором преобразователей с фиксированной глубиной контроля, так и путем применения специализированных универсальных преобразователей с программно-управляемыми характеристиками.

7.5 Каждая разновидность измерительного преобразователя в комплекте СИ должна иметь не менее двух КО. Один КО используют для нижней части рабочего диапазона измерения H_c, второй — для верхней части диапазона.

7.6 Для нижней части измерительного диапазона собственное значение H_c КО должно превышать ее не менее чем на 2 А/см.

7.7 Для верхней части измерительного диапазона собственное значение H_c КО должно быть меньше ее не менее чем на 5 А/см.

7.8 Не допускается использование КО преобразователя с большей глубиной контроля для калибровки прибора с преобразователем, имеющим меньшую глубину контроля.

7.9 Электрическая емкость аккумулятора СИ должна быть достаточна для непрерывной работы в течение не менее 8 ч.

8 Подготовка и проведение измерений

8.1 Как правило, предварительная подготовка поверхности объекта контроля не требуется. Измерения H_c допускается выполнять на неподготовленной поверхности с наличием защитного покрытия, а также слоя пыли, грязи толщиной до 3—4 мм.

8.2 Для проведения измерений на цилиндрической поверхности необходимо применять преобразователи с соответствующими радиусами кривизны рабочей поверхности.

8.3 Подготовка к измерениям заключается в проверке уровня зарядки аккумулятора СИ и настройке их по КО из комплекта.

8.4 Измерения H_c проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях: вдоль и поперек направления приложения нагрузки, фиксируя полученные значения H_l и H_t соответственно.

Примечания

1 В области упругих напряжений наибольшей чувствительностью к растягивающим нагрузкам обладает H_t, а напряжения сжатия в наибольшей степени сказываются на H_l.

2 Поведение H_c не зависит от знака напряжений в металле: H_c увеличивается как при росте напряжений сжатия, так и при росте напряжений растяжения.

8.5 При измерениях на элементах конструкций, имеющих сложную схему нагружения, из двух значений H_l и H_t следует выбирать большее.

8.6 Элемент конструкции, на котором проводят измерения H_c, размечают с использованием линейки или рулетки на участки с шагом 0,5—1,0 м. Шаг измерений зависит от сложности конструкции, толщины элементов и полученных результатов измерений. При разметке труб следует обозначить номерами стенки прямоугольных (квадратных) или зоны круглых труб.

8.7 Измерения выполняют последовательно по разметке. При обнаружении зоны, где начинается заметный рост H_c, шаг измерения постепенно уменьшают для определения границ данной зоны с необходимой точностью (здесь шаг может быть уменьшен до 1 см).

8.8 Для получения полноценной картины пространственного распределения эксплуатационной поврежденности рекомендуется проводить измерения H_c на всех поверхностях фасонного проката, гнутых профилей, труб круглого и прямоугольного (квадратного) сечений. На двутавровых профилях и швеллерах такие измерения рекомендуется выполнять на нижней и верхней полках и стенке (при высоте стенки более 300 мм рекомендуется измерения выполнять в двух зонах, вблизи верхней и нижней полок). На трубах прямоугольного сечения — на всех стенках трубы, на круглых трубах в 4 зонах, равномерно распределенных по окружности.

9 Обработка результатов измерений

9.1 ММК применяют для контроля поврежденности металла и близости его к состоянию предразрушения в конструкциях широкого спектра применения. В каждой отрасли промышленности используют общую нормативную базу и разработанные в конкретной отрасли документы, поэтому в разделе представлен общий подход к обработке результатов измерений H_c. Трактовку результатов проводит исполнитель с учетом требований ведомственных документов.

9.2 Измерения H_c в элементах стальных конструкций проводят по заранее подготовленной программе технического диагностирования объекта контроля. При составлении программы по данным расчетов определяют наиболее нагруженные несущие элементы конструкции, условия и режимы эксплуатации в соответствии с конструктивными особенностями объекта контроля, устанавливают марку стали и состояние поставки, толщину расчетных элементов, возможные температурные воздействия на металл и время эксплуатации (наработку) конструкции T.

9.3 Для наиболее распространенных малоуглеродистых и низколегированных сталей информация о значениях $H_п$ (в основном, горячекатаный металл), $H_т$ и H_f приведена в приложении А.

9.4 При отсутствии данных о марке стали и состоянии поставки (например, для зарубежных марок сталей, термоупрочняемых или высокопрочных сталей, сталей специального назначения) необходимо провести химический анализ и механические испытания с записью диаграмм нагружения σ—ε и текущих значений H_c, на основании чего получить значения $H_п$, $H_т$ и H_f.

Примечание — Значение H_f соответствует напряжению, равному $σ_в$ на диаграмме σ—ε.

9.5 После обработки данных по всем расчетным элементам конструкции определяют «слабое звено» с максимальными значениями напряжений, для которого в дальнейшем рассчитывают $P_{ост}$ и оценивают возможность дальнейшей эксплуатации конструкции.

Примечания

1 Расчет $P_{ост}$ «для слабого звена» проводят по измеренному на нем значению H_{max}.

2 В категорию элементов «слабое звено» из-за неточностей при сборке, нарушении технологии изготовления и монтажа, ошибок в расчетной схеме могут попадать элементы, которые по данным проекта имеют многократный запас прочности. Это не ошибка измерений, а достоинство метода, интегрально учитывающего влияние всех факторов в цепочке изготовления и эксплуатации конструкции.

3 Следует иметь в виду, что условия работы (одно- или многоосное нагружение) и скорость роста напряжений при стендовых испытаниях и в реальной конструкции не сопоставимы, поэтому значения $H_т$ и H_f полученные в результате стендовых испытаний, являются отправными точками для оператора, выполняющего измерения, сигнализирующими о том, что он имеет дело с металлом, находящимся вблизи зоны перехода из упругого в упруго-пластическое состояние или вблизи зоны начала предразрушения. В таких местах конструкции необходимо выполнить повторные измерения H_c: через полгода — год для элементов, находящихся вблизи зоны перехода в упруго-пластическое состояние, или через неделю — месяц, для элементов, находящихся вблизи зоны предразрушения.

9.6 Расчет $P_{ост}$ выполняют в соответствии с требованиями отраслевых документов с учетом режима нагружения: циклический или статический. При значениях $P_{ост}$ менее допустимых соответствующими документами техническое состояние элемента конструкции оценивают как «аварийное». В этом случае необходимо усиление данного элемента, его замена или при экономической нецелесообразности указанных операций — вывод конструкции из эксплуатации.

9.7 Рассчитать срок перехода конструкции в неработоспособное состояние (соответствующее, например, образованию пластического шарнира, потере устойчивости или исчерпанию запаса пластичности и образованию хрупких трещин) возможно при наличии информации о времени эксплуатации (наработке) и фактическом режиме нагружения конструкции.

9.8 Для приближенных оценок $P_{ост}$ и $P'_{ост}$ при наработке на момент контроля T может быть использовано предположение о линейном виде зависимости H_c от T (при экспериментальном подтверждении такого предположения). В этом случае значения $P_{ост}$ и $P'_{ост}$ могут быть определены по скорости изменения H_c:

$$H'_c = \frac{\Delta H_c}{\Delta T} = \frac{H_c(T_2) - H_c(T_1)}{T_2 - T_1}, \quad (1)$$

где T_1, T_2 — значения наработки для двух различных моментов контроля.

Соответствующие формулы имеют вид:

$$P_{ост}(T) = \frac{H_f - H_c(T)}{H'_c}; \quad (2)$$

$$P'_{ост}(T) = \frac{P_{ост}(T)}{T + P_{ост}(T)} 100\ \%. \quad (3)$$

9.9 В случае изменения режима нагружения или статических перегрузок металлоконструкции проводят измерение H_c и значения $P_{ост}$ и $P'_{ост}$ рассчитывают заново.

10 Правила оформления результатов измерений

10.1 Результаты измерений фиксируют в протоколе, форма которого приведена в приложении Б.

10.2 Если измерения H_c являются частью научно-исследовательских работ, то результаты измерений оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32.

Приложение А
(справочное)

Механические и магнитные свойства горячекатаного проката из углеродистых и низколегированных сталей

Таблица А.1

Марка Стали	Механические характеристики		Магнитные свойства		
	$\sigma_т$, МПа	$\sigma_в$, МПа	$H_п$, А/см	$H_т$, А/см	H_f, А/см
ВСт3пс ВСт3сп	270—320	380—440	1,8—3,2	5,2—5,7	6,4—7,8
09Г2С	345—390	480—610	2,0—5,0	7,6—8,9	9,4—12,0
10ХСНД	440—510	530—630	3,0—5,5	11,0—12,0	13,8—15,0
17Г1С	345—380	470—560	2,5—4,5	9,5—11,0	13,0—14,0

Примечание — Механические и магнитные свойства холоднокатаного и термообработанного проката существенно отличаются от соответствующих свойств горячекатаного проката, поэтому при обследовании конструкций из таких сталей необходимо проведение стендовых испытаний для определения соответствующих значений $H_т$ и H_f.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма протокола измерений коэрцитивной силы

_____
(наименование организации)

1 Наименование и адрес объекта: _____

2 Средства измерений:
- коэрцитиметр _____, зав. № ____ дата очередной поверки ____;
- линейка металлическая 150 ÷ 400 мм по ГОСТ 427;
- рулетка 5 или 10 м.

3 Измерения выполнил: _____
(ФИО)

Таблица результатов измерений коэрцитивной силы

№ п/п	Наименование элемента		Расположение в осях	Марка стали	H_c, А/см		Примечание
					H_l	H_t	
1	Элемент 1						
	1	Нижняя полка					
	2	Верхняя полка					
	3	Стенка, низ					
	4	Стенка, верх					
2	Элемент 2						
	1	Стенка (зона) 1					
	2	Стенка (зона) 2					
	3	Стенка (зона) 3					
	4	Стенка (зона) 4					
3	Элемент 3						
	1	Полка 1					
	2	Полка 2					

Примечания

1 1 — таблица для двутавровых профилей и швеллеров; 2 — таблица для прямоугольных, квадратных и круглых труб; 3 — таблица для углового профиля.

2 При проведении измерений на Z- или П-образных гнутых профилях следует пользоваться таблицей для элемента 1. При проведении измерений на спаренных уголках таблицу для элемента 3 следует дополнить двумя строками «Полка 3» и «Полка 4».

3 Форму таблиц для регистрации измерений коэрцитивной силы на резервуарах, изделиях машиностроения сложной формы и т. п. разрабатывает организация — производитель работ.

Библиография

[1]	СТО 36554501-040—2014	Диагностика стальных строительных конструкций. Метод магнитный коэрцитиметрический
[2]	РД 007-97—02	Методические указания «Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении их обследования и техническом диагностировании (экспертизе промышленной безопасности)». ИКЦ «КРАН»
[3]	Строительные нормы и правила СНиП 2.09.03—85	Сооружения промышленных предприятий. Нормы проектирования
[4]	Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03	Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов
[5]	Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ	О промышленной безопасности опасных производственных объектов (принят Государственной Думой 20 июня 1997 г.)

УДК 620.172.1:620.179.16:006.354 ОКС 77.040.10

Ключевые слова: коэрцитивная сила, магнитный коэрцитиметрический метод, стальные металлоконструкции, магнитометрическая диагностика, поврежденность металла

БЗ 3—2019/8

Редактор *Л.И. Нахимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 18.10.2019. Подписано в печать 12.11.2019 Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва. Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru