



temate Pi-NB (B)
Система ультразвукового исследования прокатной заготовки
Техническая спецификация TPI-NB(B)-C06

1. Обзор

Цех по зачистке стального проката Canton №5 получает прокатную заготовку из цеха электродуговых печей в Canton Ohio, крупная заготовка раскатывается до прокатной заготовки на встроенном обжимном прокатном стане. Завод Canton оснащен контрольным оборудованием Mesapa, позволяющим производить проверку поверхности после дробеструйной очистки. Ручное и машинное шлифование используется для устранения выявленных дефектов. В настоящее время внутренний контроль производится при помощи ручных средств ультразвуковой дефектоскопии. Данная операция, требующая больших затрат времени, повсеместно заменяется на автоматизированную ультразвуковую систему дефектоскопии.

Автоматическая система **temate Pi-NB (B)** предназначена для объемного исследования прокатных заготовок. Система основана на бесконтактной ультразвуковой методике EMAT (электро-магнито-акустический преобразователь) для выявления внутренних дефектов, таких как поры, трещины, посторонние включения. Комплект преобразователей обеспечивает 100% покрытие исследуемой поверхности. Система анализирует и отображает полный комплект данных, после чего оценивает результаты каждого исследования. Полный отчет о проведенном контроле сохраняется для дальнейшего анализа и контроля работы системы.

2. Исследуемые материалы

- Поперечное сечение проката: 3,875-7'' RCS (квадрат со скругленными углами)
- Длина проката: 10-40 футов
- Марки стали: углеродистые и легированные стали (AISI)
- Скорость исследования: <240 футов в минуту
- Ориентация контроля: ромб или угол (45 градусов от плоскости)
- Прямолинейность: 1/8'' на фут, максимум до 2'' на длину
- Перпендикулярность: 90 градусов +/- 3 градуса
- Изгиб: +/- 5 градусов вдоль оси
- Кромки проката: скошены или спилены – задир или выступ 3 мм
- Состояние поверхности: очищенная от окалины, раскатанная, после дробеструйной очистки – 120 RMS
- Температура поверхности: 0-180 °F – прокат из углеродистой стали

3. Методика контроля

- Неразрушающий контроль с использованием Электро-Магнито-Акустического Преобразователя (EMAT).
- Раздельно-совмещенный преобразователь посылает ультразвуковой сигнал и принимает отраженный от поверхностей изделия сигнал.
- Внутренние дефекты, определяются по первому отраженному сигналу (S_1).

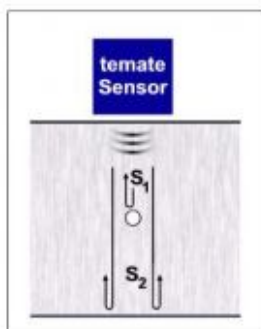


Рис.1. Методика контроля

4. Общие требования

- Все исследования соответствуют: Военному стандарту качества - MIL-STD-2154 Class C – Исследование, ультразвуковое, Металлы, обрабатываемые давлением, Международному стандарту ISO 10012-1: Требования по обеспечению качества средств измерения (метрологическая система подтверждения соответствия средств измерений), Американскому национальному стандарту ANSI/NCSL Z540-1: Поверочные лаборатории, измерительное и тестовое оборудование – Общие требования.
- Критерии контроля: 100% надежности; используются 3 мм и 2 мм плоскодонные отверстия на любой из четырех сторон в любом месте на расстоянии 2 мм от радиуса округления при скорости, показанной на Графике 1.

Рабочие скорости

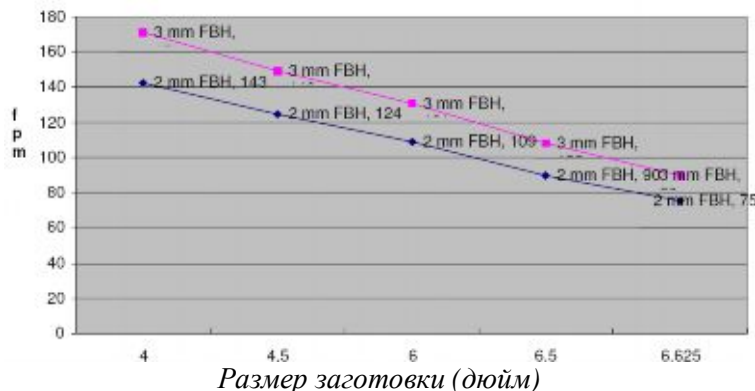


График 1. Скорость контроля

- Требования к выявляемости дефектов:** плоскодонное отверстие диаметром до 3 мм располагается в зоне контроля, соотношение сигнал-шум 2:1, уровнем сигнала 6 дБ, что гарантирует 100% надежность и повторяемость при калибровке на настроенном образце. Должны выявляться все подповерхностные дефекты размером 3мм и более, расположенные у задней стенки. Любая область, выходящая за рамки зоны контроля, должна определяться в процентах от площади поперечного сечения и всей площади поперечного сечения неконтролируемой области.
- Тестовый образец и образец для настройки:** изготавливается для тестирования и калибровки оборудования. Тестовый образец должен быть акустически подобен исследуемому материалу (условия термической обработки, размер зерна, направление волокон материала, обработка поверхности).



Должны совпадать диаметры отверстий и окончательная обработка поверхности. Существующие тестовые образцы используются для калибровки системы и приемочного тестирования, плоские отверстия диаметром 3 мм, глубиной 10 мм, 40мм, 75 мм располагаются поперек каждой лицевой поверхности. Отдельно проверяются подповерхностные дефекты глубиной 2 и 3 мм.

- c) **Неконтролируемые концы:** Размер неконтролируемых концов в начале и конце заготовки будет зависеть от скорости, дефектов и деформаций концов заготовки, которые препятствуют контролю (грат, загиб и т.п.) и общая ширина датчика. Базовая формула для расчета размера неконтролируемой области (НО):

$НО = \text{деформируемая область} + \frac{1}{2} s \times \text{линейная скорость} + \frac{1}{2} \times \text{ширина датчика}$

Средняя ширина датчика 6 “ – 8”.

- d) **Электронное оборудование:** цифровое оборудование последнего поколения.
- i. **Схема совпадений:** минимум 4 строба для классификации месторасположения дефекта: передняя грань, середина, задняя грань, задняя стенка. Диапазон начала и конца строба регулируется с контрольной панели с шагом около 0,05 μs .
 - ii. **DAC – Distance Amplitude Correction (Корректировка амплитуды по расстоянию):** цифровой, без ограничения по ширине для достижения оптимального разрешения.
 - iii. **Электронная калибровка:** используется для подтверждения корректной работы электронных блоков, проверка таких параметров, как линейность, амплитуда импульса, время достижения максимального пика, включение, уровень шума, взаимные помехи, синхронизация импульсов, импульсная мощность, длительность импульса, переключатель демпфирования и фильтрации, временная регулировка, входное и выходное напряжение и другие характеристики. Данные значения измеряются и проверяются электронными устройствами для подтверждения исправности оборудования и предупреждения оператора об ошибках.
- e) **Подтверждение калибровки:** оборудование, при помощи которого производится калибровка, необходимо проверять через определенные промежутки времени, а также отслеживать в Национальном институте стандартов и технологии (NIST) (ранее NBS) при наличии стандарта. Проверка оборудования на точность включает около 30 различных тестов, с использованием одного тестового образца с характеристиками схожими со статической моделью.
- f) **Преобразователи:** рабочая частота оптимизируется для получения максимальной чувствительности (около 1,5-3 МГц), минимум с 9-ю приемными элементами на одну сторону бруска. В общем, должно получиться 36 приемных элементов, что гарантирует 100% контроль тела объекта.
- g) **Маркировка и визуальная сигнализация:** система оснащена 24VDC или 120AC (последнее значение предпочтительно) выходами для визуальной сигнализации (свет) и устройства нанесения маркировки.

5. Датчик в сборе

- Датчик состоит из ультразвуковых преобразователей EMAT, блока электроники, направляющих с регулируемым прижимом, переключателем контроля начало/конец детали и дополнительно: контроллером маркировки краской и головкой.
- Матрица преобразователя EMAT содержит минимум 36 приемных элементов, 9 элементов поперек каждой из 4х сторон бруска.
- Область контроля захватывает внутренний объем бруска, 3 мм от каждой стенки и 2 мм от радиусов скругления.
- Поле датчика расширяется изнутри от конца ближней зоны до расстояния в 3 мм от задней стенки. За счет чего обеспечивается 100% покрытие исследуемой поверхности.
- Две верхние и две нижние стороны независимо друг от друга устанавливаются на направляющие с пружинным устройством. Направляющие автоматически регулируются в зависимости от размера бруска.
- Переключатель начало/конец детали служит для автоматического контроля начала/конца бруска.
- Электронный блок датчика устанавливается в отдельном корпусе возле датчика. Блок электроники оснащен малошумящим предусилителем, фильтрами сигнала и передатчиком, обеспечивающим связь между датчиком и устройствами получения данных, а также мультиплексным управлением матрицей датчика.

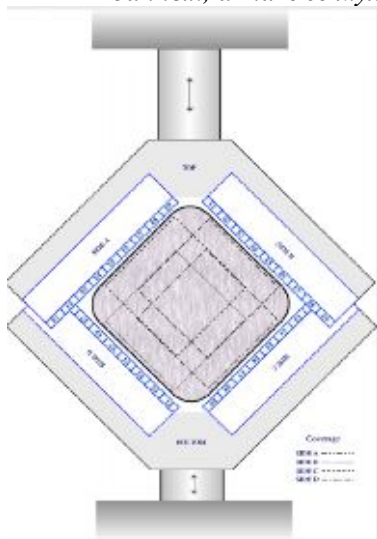


Рис.3. Область контроля датчиком с 4х сторонней матрицей



6. Электронный блок сбора данных

- *Электронный блок сбора данных размещается в промышленных корпусах NEMA 12 и IP 55 с коэффициентом помехозащищенности EN 60 529/10.91.*
- *Консоль сбора данных может располагаться на удалении до 165 футов (50м.) (возможная длина кабеля) от датчика(ов).*
- *Электронный блок сбора данных включает: схемы EMAT T/R, магнитный генератор импульсов, компьютер, монитор, клавиатуру и мышь, блок питания и сетевой фильтр.*
- *Компьютер включает:*
 - *Монтируемый в стойку промышленный персональный компьютер.*
 - *Удаленный экран.*
 - *Высокоскоростной аналого-цифровой преобразователь.*
 - *Цифровой интерфейс ввода-вывода.*
 - *Ультразвуковой таймер.*
 - *Модем и программное обеспечение удаленного доступа.*
 - *Коммуникационные порты для принтера, сети и устройств последовательного доступа.*
 - *Встроенный накопитель данных для операционной системы и программ.*
 - *Накопитель CD RW для сменных носителей данных.*
 - *Запирающуюся заднюю дверцу для сменных носителей и блока питания.*
 - *Программное обеспечение temate®.*
 - *Операционную систему Microsoft® Windows®.*
 - *ПО баз данных Microsoft® Access.*
 - *Подключение к интернету*
- *Вентилятор и вытяжное устройство для вентиляции корпуса.*
- *Выключатель вкл/выкл. питания и сетевой фильтр*

7. Интерфейс автоматического управления и обратной связи

- *Для интеграции системы temate® в автоматизированный поточный контроль используются дискретные цифровые входы-выходы, и/или последовательные порты (RS-232).*
- *Обмен файлами по сети и/или через последовательный порт (RS-232) обеспечивает возможность загружать и маркировать информацию относительно результатов контроля – например, серийные идентификационные номера. И наоборот, результаты могут быть переданы системой temate® заводскому контроллеру сразу же после контроля. Коммуникационная схема отвечает спецификациям Innerspec Technologies: «Serial (RS-232) and Networked File Communication Interface for Temate Ultrasonic EMAT Inspection».*
- *Имеются и конфигурируемые схемы, использующие дискретные цифровые входы-*

выходы, для автоматической синхронизации цикла контроля, получения результатов контроля и выбора конфигурации параметров внешними контроллерами.



Рис.4. Стойка для электронного блока сбора данных.

8. Особенности программного обеспечения temate

- Программное обеспечение **temate®** предусматривает возможность настройки контрольных параметров и получения, анализа, отображения, хранения и вызова результатов контроля.
- Операционная среда Microsoft® Windows®.
- Быстрое получение данных в режиме реального времени и анализ ультразвуковых сигналов EMAT.
- Отображение C-Scan развертки в виде карты с изображением амплитуды/дефекта.
- Программируемый порог амплитуды для проверки по принципу «годен - не годен».
- Быстрое определение месторасположения детали, с выводом через дискретный выход и выход экрана после каждой проверки. Дискретные выходы также используются для контроля системы нанесения маркировки.
- Автоматический (дискретные входы/выходы) и ручной (клавиатура) режимы управления.
- Автоматическое переключение преобразователей в матрице для каждого цикла контроля.
- Удобный интерфейс определения и сохранения настроек для конкретных видов работ.
- Автоматический (дискретные входы/выходы) и ручной режим вызова клиентских настроек.
- Интерактивные и изменяемые рабочие окна для отображения данных каждого датчика. Настраиваемые содержимое окон, размер и единицы измерения.
- Экран настройки осциллографа в режиме реального времени (A-Scan развертка) для регулировки и диагностики настроек ультразвуковых параметров.
- Самодиагностика автоматически проводится во время каждого цикла дефектоскопии для немедленной обратной связи по техническому состоянию контрольного оборудования и процесса. Предусмотрены выходные сигналы тревоги, как визуальные, так и на дискретных выходах.
- Серийные номера передаются через последовательный порт (RS-232). Данные дефектоскопии маркируются информацией о контролируемом изделии.
- Для каждой инспекции сохраняются полная запись настроек, данные и результаты.
- Данные сохраняются в базе данных Microsoft® Access.
- Данные контроля автоматически сохраняются в одной или двух местах по выбору (например, на локальном и сетевом накопителях).

- Возможен дистанционный контроль и дистанционное управление оборудованием.
- Вызов отображения прошлых данных контроля. Сохраненные результаты контроля вызываются по номеру контрольной записи, идентификационному номеру продукта или дате и времени.
- Составление ежедневных отчетов о хранении данных, наличие 5 заданных программой форм отчетов:
 1. Отчет о калибровке.
 2. Отчет об обработке.
 3. Отчет о сертификации.
 4. 2 оперативных отчета (подлежит уточнению)

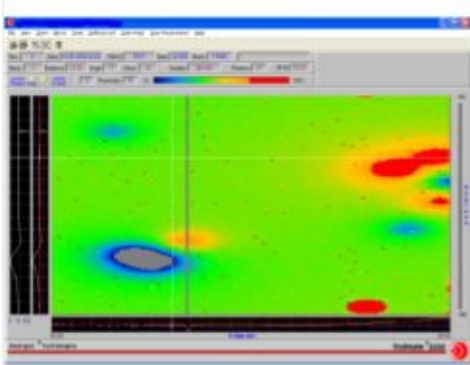


Рис.5. Пример экрана temate.

9. Электрические характеристики

- Односторонний источник питания при 115 В перем.т. (+-10%), 60 Гц, минимальная емкость контура 15 А. Прерывание электроэнергии внутри устройства получения данных.

10. Характеристики

- Рабочая температура 10⁰F (-5⁰C) - 105⁰F (40⁰C)
- Влажность, без конденсата, 5-95%

11. Документация и обучение

- Три комплекта документов **temate**, в том числе, инструкция по эксплуатации, чертежи с описанием установки и настройки системы.
- Коммерческие составляющие (наличие готовых деталей на рынке) – сопроводительная документация с указанием наименования завода-изготовителя, серийного номера изделия для проведения ремонта и замены деталей в последующем.
- Все механические составляющие (не технологические и не изнашиваемые детали, свободно производимые или имеющиеся в местных магазинах) – документация и подробные чертежи для ремонта или замены деталей в последующем.
- Обучение на месте и в процессе обслуживания производится по завершении монтажа оборудования. Общее время обучения не менее 4х часов.
- Дополнительная теоретическая подготовка от специалистов **Innerspec Technologies, Inc** доступна по специальному заказу.



12. Установочные данные, контроль и запуск

- Установка выполняется в соответствии с установочными чертежами **temate®**.
- Поставляются все электрические провода, кабели, аппаратное обеспечение для соединения компонентов системы **temate®**. В комплект поставки также входят крепежные элементы для оборудования **temate®**.
- С системой **temate®** не поставляются следующие материалы: материалы и аппаратура для подключения к источникам питания на заводе (например, монтажные (соединительные) провода) для систем **temate®**, кабелепроводы и металлические изделия для их монтажа на заводе.
- Дополнительные установочные и регулировочные материалы и услуги **Innerspec Technologies, Inc** по установке и настройке по дополнительному заказу.

13. Утверждение проекта

- До начала эксплуатации компания **Innerspec** предоставляет для приемки проекты механических конструкций, электрического интерфейса, протокола обмена данными (минимум 60 дней до установки).
- **Innerspec** сохраняет за собой все права на систему **temate Pi-NB (B)**, конструкцию, приложения и запатентованные компоненты данной системы.

14. Окончательная приемка системы

- После установки и отладки системы в течение 90 дней проводятся приемосдаточные испытания заготовок из проката (объем контроля определяется заказчиком, марка стали и заготовки выбираются случайным образом). Испытания проводятся в присутствии и под контролем представителей компании **Innerspec**. Калибровочные уровни устанавливаются непосредственно перед испытаниями.
Проверка эксплуатационных характеристик производится на обрабатываемых заготовках из проката с естественными и/или имитированными дефектами по решению заказчика. Производительность согласовывается заранее обеими сторонами.
- Заготовки с дефектами, выявленными при помощи ультразвуковой системы с уровнем сигнала 6 дБ (коэффициент 2:1), что выше уровня помех, отделяются. По решению подрядчика и утверждению заказчика «показательный образец» проверяется вручную, результаты также отображаются вручную силами заказчика под наблюдением подрядчика и/или при участии подрядчика (по решению подрядчика).
- После подтверждения надежности показательного образца, заготовки возвращаются в текущий процесс обработки и снова перепроверяются случайным образом при помощи ультразвуковой системы. Если предыдущие результаты испытаний не подтверждаются или не повторяются, то принимается решение о необходимости проведения дополнительных визуальных исследований. Данные исследования проводятся заказчиком.
- **Innerspec** трижды проводит динамические, однократные испытания, ультразвуковую контроль заготовок из проката с производительностью соответствующей диагностической способности, надежности, чувствительности и воспроизводимости, согласно стандартам данного документа.
- Допустим, после третьего испытания показательного образца ультразвуковая система работает вне допустимых пределов, указанных выше. В этом случае ультразвуковая система выводится из состава оборудования, и компания **Innerspec** принимает все возможные меры для устранения неисправностей.
- Если ультразвуковая система не проходит приемосдаточные испытания, она возвращается компании **Innerspec**, которая в свою очередь должна вернуть контрактную стоимость оборудования компании заказчика, в том числе оплатить транспортные и другие расходы в течение 30 дней после получения уведомления о неисправности оборудования от компании заказчика.



15. Гарантийные обязательства

- Все материалы и оборудование поставляются, устанавливаются или добавляются в рамках выполнения Строительных работ, если иное не установлено Соглашением.
- Если в течение одного года после приемки, выясняется, что оборудование не соответствует требованиям данного Соглашения, данное оборудование должно быть заменено после получения письменного уведомления от компании Republic. Данный срок гарантии – 1 год устанавливается на все части оборудования, впервые использованные после приемки.
- Гарантии на выполненные работы. Все виды работ, выполняемых в рамках данного Соглашения должны производиться только квалифицированным персоналом, субподрядчиками и поставщиками и должны быть высокого качества и исполнения.
- Гарантия на материалы и оборудование. Все материалы и оборудование, поставляемое по данному Соглашению, должны быть новыми, высокого качества, пока не задано или не разрешено иное. Выполняемые работы не должны иметь дефектов и неисправностей, влияющих на качество изделия, и соответствовать всем требованиям данного Соглашения.
- Гарантийный срок продлевается на срок ремонтных работ и работ по замене и продлевается на один год после окончания данных работ.

16. Стандартные требования

Следующие стандарты и международные коды являются частью данных требований и применимы ко всем соответствующим областям данного проекта:

Стандарты: ISO, DIN, ANSI

Коды: Государственный электрический стандарт (NEC)
Национальная ассоциация производителей электрооборудования (NEMA)
Американское общество инструментальщиков (ISA)
Американский институт бетона (ACI)
Американский институт металлоконструкций (AISC)
Американское общество приборостроителей (AGMA)
Американское общество инженеров по системам (ASHRE)
Американское общество инженеров-механиков (ASME)
Ассоциация производителей железа и стали (AIST)
Национальная ассоциация пожарной защиты (NFPA)
Применимые государственные и муниципальные законы
Управление по технике безопасности и гигиене труда (OSHA)
Американский стандарт по сварке (AWS)
Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE)