

Передовая техника неразрушающего контроля труб

Хартмут Кюммель, ИНСТИТУТ Д-РА ФЁРСТЕРА, Германия
Рейнхард Х. Павелец, Трубный завод МАННЕСМАНН, Бразилия



Введение

Бесшовные трубы используются во многих случаях там, где предъявляются высочайшие требования к качеству. Оптимальное качество и экономичность производства бесшовных труб являются абсолютно необходимыми для удержания ими своих позиций. Прежде всего это заключается в непрерывном контроле качества и в отсутствии дефектов произведенной продукции, а также в документальном подтверждении выполнения такого контроля и его результатов. Поэтому первостепенную роль играет интеграция соответствующего контрольного и измерительного оборудования в линию окончательной обработки [1].

Требования к трубам, например, котельным, трубопроводным или трубам нефтяного сортамента, определяются как соответствующими стандартами, так и спецификациями заказчиков. Для труб нефтяного сортамента наиболее важными являются стандарты, выпущенные Американским Нефтяным Институтом (API). Неразрушающий контроль занимает важное место в этих стандартах.

Актуальные задачи и цели контроля

Для своего завода в Бело Горизонте компания Маннесманн SA Бразил заказала оборудование для неразрушающего контроля и определения размеров труб, производимых из простой конструкционной и среднелегированной стали на непрерывном прокатном стане. Это оборудование было установлено в течение 1996 года. Оно используется для контроля по соответствующим стандартам, в данном случае уделяя повышенное внимание API5CT и API5L, и по особым спецификациям заказчиков. Линия контроля полностью автоматизирована, установки контроля сохраняются в памяти для документального подтверждения контроля, а также для установки параметров при контроле в будущем. Результаты контроля документально подтверждаются для каждой отдельной трубы и для всей партии.

Подвергнутые термической обработке трубы, которые производятся во всё возрастающем количестве, должны быть проверены, как минимум, двумя независимыми методами неразрушающего

контроля. Поэтому лучшим решением является линия контроля с несколькими контрольными и измерительными устройствами, с которыми возможна адаптация под выполнение всех задач, вытекающих из стандартов и/или спецификаций заказчиков. Трубный завод Маннесманн в Мюльхайме/Германия и Ризе/Германия на протяжении многих лет использует "Мульти-Тестовый Блок" (МТБ), изготовленные фирмой ИНСТИТУТ Д-РА ФЁРСТЕРА, с несколькими блоками контроля и измерительными устройствами, объединенными в линию контроля [2]. Эти МТБ линии контроля доказали свою исключительную надежность. Поэтому кажется логичным использовать такого же типа МТБ в Бразилии, доработав его в соответствии с современными требованиями.

Описание используемых методов

Следующие разделы дают краткое описание физических основ и принципов контрольных методов, которые используются в мульти-тестовом блоке (МТБ).

РОТОМАТ для обнаружения продольных дефектов

Блок контроля РОТОМАТ обнаруживает дефекты на основе метода магнитного потока рассеяния. Если магнитное поле проходит через ферромагнитный объект, то линии магнитного поля равномерно распределяются по поперечному сечению объекта, если материал однородный и не имеет дефектов. Если есть магнитное сопротивление, такое как трещина, на пути линий поля, то они искривляются и некоторые из них выходят из поверхности материала. Этот "магнитный поток рассеяния" используется для контроля ферромагнитных заготовок на наличие дефектов.

В блоке контроля РОТОМАТ труба намагничивается без контакта намагничивающими ярмами постоянного тока, которые вращаются вокруг трубы (Рис. 1). Их сила поля может быть отрегулирована так, чтобы удовлетворять требованиям контроля в отношении спецификаций контроля, марки материала и толщины стенки. Вместе с ярмом вокруг трубы вращаются две контрольные головки. Контролируемая труба движется с постоянной скоростью в продольном направлении и сканируется спирально с шириной дорожки 160 мм. Вся поверхность перекрывается при скорости контроля до 3.2 м/с.

Для сбора сигналов от дефектов используются датчики магнитного поля специального исполнения. Это обеспечивает хорошее соотношение сигнал-помеха для сигналов от дефектов и улучшает обнаружение в трубе дефектов, расположенных под углом. Специальные электронные схемы для

различия дефектов с внутренней и внешней поверхности трубы позволяют независимо регулировать чувствительность по двум типам дефектов.

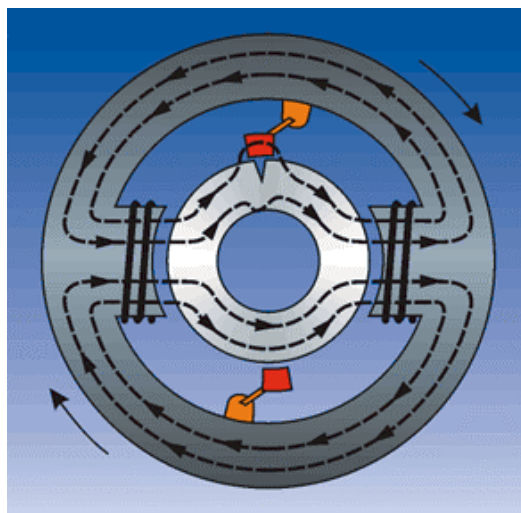


Рис. 1 РОТОМАТ, принцип действия

ТРАНСОМАТ для обнаружения поперечных дефектов

Блок контроля ТРАНСОМАТ работает по тому же физическому принципу, что и РОТОМАТ, описанный выше. Так как дефекты, которые должны быть обнаружены, располагаются по-другому, то труба намагничивается в продольном направлении. Магнитное поле генерируется двумя продольно расположенными катушками, а сопла, соответствующие диаметру трубы, концентрируют магнитный поток на контролируемой трубе. Труба движется продольно через блок, и датчики, которые обнаруживают магнитный поток рассеяния, сканируют всю поверхность целиком (Рис. 2). Система датчиков состоит из восьми сегментных контрольных головок, которые охватывают всю окружность трубы (с некоторым перекрытием).

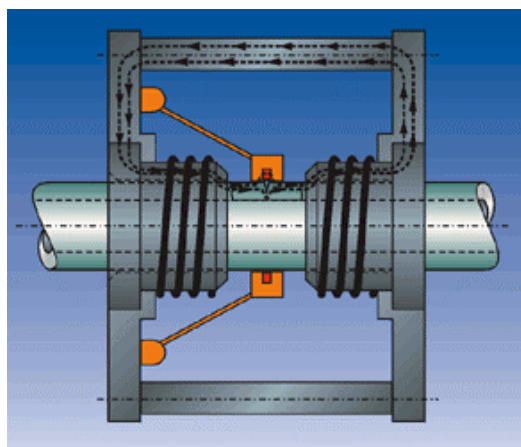


Рис. 2 ТРАНСОМАТ, принцип действия

ЦИРКОСОН для измерения толщины стенки

Этот ультразвуковой метод на основе принципа Электро-Магнитно-Акустического Преобразования (ЭМАП) использует электродинамические преобразователи вместо более привычных пьезоэлектрических преобразователей. Ультразвуковой измерительный импульс генерируется не внутри преобразователя, как обычно, а внутри контролируемого объекта. Поэтому нет необходимости в связывающей среде (воде); по этой причине данный метод часто называют "сухим ультразвуковым методом".

Постоянное магнитное поле направляется вертикально на поверхность контролируемой трубы. Затем, чрезвычайно короткий импульс тока с высокой амплитудой посылается в передающую катушку, расположенную в магнитном потоке между полюсным башмаком и поверхностью трубы. Это индуцирует круговой импульс тока на поверхности материала трубы и, из-за "силы Лоренца", генерирует механическую силу в кристаллической структуре материала на внешней поверхности трубы. Эта сила распространяется как поперечная волна через стенку трубы, отражается от внутренней поверхности и возвращается к внешней поверхности, где она генерирует эхо-импульс в приемной катушке. Измеренный интервал времени между переданным импульсом и эхом дает представление о толщине стенки трубы. В блоке контроля труба намагничивается ярмами постоянного поля, расположенными во вращающейся головке. Две контрольные головки, которые находятся в контакте с поверхностью трубы, расположены между полюсными башмаками и поверхностью трубы (Рис. 3). Каждая контрольная головка содержит четыре электродинамических преобразователя, каждый из которых состоит из передающей и приемной катушек. Ширина контролируемой дорожки составляет 160 мм.

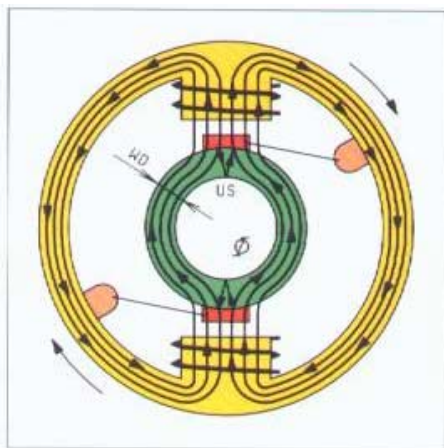


Рис. 3 ЦИРКОСОН, принцип действия

ДЕФЕКТОМАТ - Вихретоковая система контроля для обнаружения дефектов

В первичную (поля) обмотку круговой контрольной катушки подается переменный ток и возбуждается "Вихревой Ток" по окружности трубы. Дефекты в стенке трубы вносят местные изменения пути вихревых Токов. Эти изменения Вихревого Тока вызывают вариации напряжения во вторичной обмотке катушки, когда труба проходит через систему катушек. Фаза и амплитуда этих вариаций напряжения оцениваются и служат для индикации размера и типа дефекта. Полностью система датчиков этого блока состоит из намагничивающего ярма постоянного тока, в которое вставлена контрольная катушка, соответствующая диаметру контролируемой трубы. Контролируемые трубы проходят через ярмо и катушку в осевом направлении.

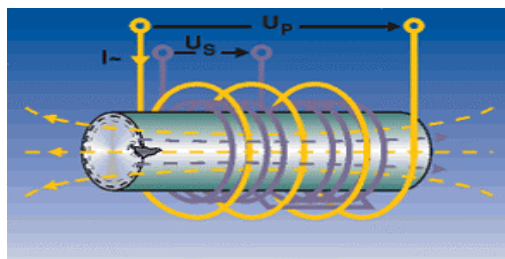


Рис. 4 ДЕФЕКТОМАТ, Принцип действия

Описание действующего контрольного оборудования

МТБ используется для контроля горячекатанных, бесшовных стальных труб, производимых на непрерывно-прошивном стане. Отрезанные трубы, предназначенные для контроля, поступают в МТБ с помощью приводных блоков и направляющих систем рольганга МТБ. Спецификации и данные по трубам:

Материал	бесшовные, ферромагнитные горячекатанные трубы
Диаметр	21.3 - 177.8 мм
Толщина стенки	2.6 - 25 мм
Длина	4 - 15 м
Скорость подачи	0.5 - 4.5 м/с

Полностью МТБ система состоит из нескольких групп. Основные составляющие: секции контроля с различными системами датчиков, электроника контрольного оборудования, электрические блоки управления.

Технология контроля

При прохождении по системе трубы измеряются и контролируются различными методами.

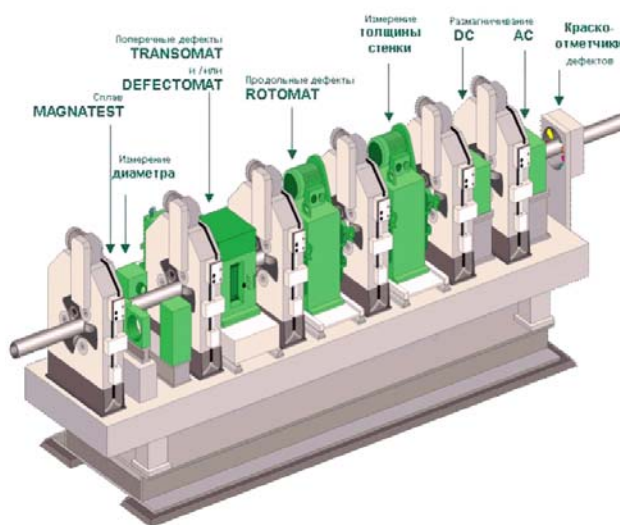
Этими методами являются (в порядке выполнения):

- * МАГНАТЕСТ, блок проверки марки материала магнито-индукционным методом.
- * ДУЛАС Do300, измерение диаметра методом оптической тени.
- * ЦИРКОСОН, блок измерения толщины стенки, метод отражения импульса с вертикальной подачей импульса. Ультразвуковое возбуждение на основе электродинамического (ЭМАП) принципа.
- * ДЕФЕКТОМАТ, блок вихретокового контроля дефектов с круговыми катушками для диаметров до 60 мм и при макс. скорости до 4.5 м/с.
- * РОТОМАТ, блок контроля продольных дефектов потоком рассеяния с вращающимися магнитными полюсами и датчиками, контроль без пропусков при скорости до 3.2 м/с.
- * ТРАНСОМАТ, блок контроля поперечных дефектов потоком рассеяния для диаметров свыше 60 мм, с восемью сегментами датчиков, перекрывающими всю окружность трубы, контроль без пропусков при скорости до 3.2 м/с.
- * Измерение длины с помощью генераторов импульсов на ведущем ролике и фотоэлементов, с мерной секцией для корректировки измеряемых значений.
- * Устройство цветомаркировки для отметки дефектных зон.
- * Размагничивание и мониторинг остаточного поля.
- * Компьютер (ГБУ-Нукем) для установки и сохранения всех параметров контроля.
- * Компьютер (MDR-Маннесманн) для оценки и визуализации всех результатов контроля и связи с BDE системой (центральная система сбора данных производственной обстановки).

Приведенная на рисунке 4 заставка компьютера показывает также полный состав системы контроля.

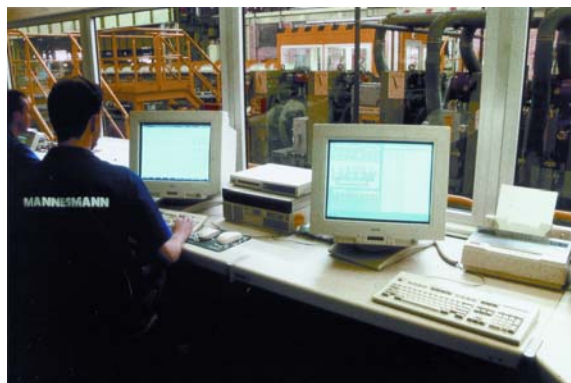
Механический дизайн зоны контроля

Шесть центрирующих 3-роликовых направляющих системы с отдельными приводными моторами смонтированы на общей подъемной платформе. Между этими 3-роликовыми приводами расположены системы датчиков блоков контроля. Это обеспечивает оптимальное направление трубы, вне зависимости от диаметра. Поднятием или опусканием платформы зона контроля выравнивается с подающим и отводящим рольгангом для компенсации разницы трубных диаметров. Полная линия контроля дополнена входной и выходной конвейерной системами с устройствами сортировки, представленными заказчиком.



Конфигурация и использование компьютеров

Все функции наблюдения и управления осуществляются с центрального пульта оператора. Для этого все группы системы связаны через электрические шины и шины данных.



Настройка

Параметры оборудования устанавливаются с помощью Главного Блока Управления (ГБУ), который также управляет ходом контроля и маркировочными и сортировочными выходами.

ГБУ позволяет выбрать различные заставки, которые используются для настройки оборудования. Установочные данные хранятся в компьютере. Основная заставка (экран монитора) показывает выбранные в настоящий момент блоки и их статус, наиболее важные статистические данные и подачу материала в систему. Остальные заставки используются для настройки различных блоков.

Представление результатов

Результаты со всех блоков контроля передаются на компьютер оценки (AWR). Этот AWR представляет результаты контроля в графическом виде. Это или результаты для каждой отдельной трубы или объединенные результаты по всей партии, которые могут быть выведены на принтер. Более важными являются объединенные результаты. Они статистически обрабатываются для получения указаний, касающихся процесса производства. Данные, лежащие в основе графических представлений, могут быть также выведены в формате EXCEL, что при желании позволит обработать их позднее на любом обычном ПК.

Заключение

Здесь описывается сделанная на заказ комбинированная линия контроля, чьи различные компоненты позволяют гибко использовать ее при выполнении широкого круга задач контроля. Конфигурация линии основана на конфигурации уже существующих систем на заводе в Германии. Использование сходного контрольного оборудования служит гарантией того, что контроль и поставка продукции могут быть выполнены на основе тех же критериев качества. Одновременное использование нескольких установок контроля в Мульти-Тестовом Блоке дает высокую надежность контроля и гарантирует требуемое качество и отсутствие дефектов готовых труб. В настоящее время от использования неразрушающего контроля в процессе производства ожидают большего, чем просто выполнения требований по обнаружению дефектов и выбраковки дефектных труб. Также важно гарантировать и документально подтвердить для всех проверенных изделий, что контроль был выполнен корректно, а результаты не вызывают сомнения. Контрольная установка, описанная здесь, включает в себя, в отличие от современных контрольных приборов, компьютерную систему оценки высоко-

го уровня. С записью файлов и хранением контрольных данных и результатов контроля, документально можно будет подтвердить, в случае появления претензий, даже спустя несколько лет то, что контроль был проведен правильно. Важно то, что здесь осуществляется дополнительный анализ результатов контроля, который предоставляет необходимые данные для оценки процесса и данные для систем контроля качества в соответствии с ISO 9000.

В настоящее время контрольное оборудование представляет собой обязательную часть системы обеспечения качества. Неразрушающий контроль в настоящее время претерпел изменения. От прибора для подтверждения выполнения требований заказчика к качеству он вырос до основного инструмента в интеграционном обеспечении качества для производителя [3,4]. Приборы контроля с соответствующей технологией и с удовлетворяющей требованиям оценкой данных контроля, интегрированные в процесс производства, выполняют объективный и надежный надзор. Передача данных в систему обеспечения качества (QA) и анализ случаев появления дефектов могут внести существенный вклад в улучшение стоимостной эффективности производственного процесса и в выполнение условий ISO 9000.

Последовательное использование результатов контроля направлено на улучшение процесса, например:

- * использование измерений толщины стенки для оптимизации прокатного процесса
- * получение одинаковой толщины для оптимизации конечной обрезки
- * более высокий выход продукции из-за оптимизации обрезки труб по длине в соответствии с позицией дефекта.

Производители не могут сегодня пренебрегать самими высокими требованиями.

Растущие требования к неразрушающему контролю не должны, тем не менее, вести к увеличению стоимости продукции: наоборот, стоимость должна быть даже снижена. Очень важно, чтобы используемое контрольное оборудование не вызывало увеличения стоимости, особенно в отношении расходов на оплату труда. Чтобы достичь этого, используется контрольное оборудование, которое автоматизировано до максимально возможного уровня. Достижимые преимущества являются даже более разноплановыми. Выполняются требования, касающиеся документального подтверждения качества продукции и мониторинга производственной установки. Их последовательное использование может помочь обнаружить и исключить слабые места в производстве, что приведет к последующему снижению стоимости и повышению качества.

INSTITUT DR. FOERSTER GmbH & Co. KG

In Laisen 70

D-72766 Reutlingen Germany

Telefon (07121) 140-0 / Telefax (07121) 140-488

e-mail: ts@foerstergroup.de / <http://www.foerstergroup.de>



FOERSTER RUSSLAND, ZAO

Зайцев Сергей Владимирович

192174 Санкт-Петербург а/я 16, Россия

Телефон: (812) 318-7101 / Telefax: (812) 318-7101

e-mail: mail@foerster.ru / <http://www.foerster.ru>

Литература:

- 1 Kramer, G.
Etabliert - Magnetische Pruefverfahren optimieren die Rohrproduktion, Maschinenmarkt, 29, 1993; Magnetisch pruefen, Maschinenmarkt, 36, 1993.
- 2 Link, H.
Computer-aided Combined Quality Inspection of Seamless Steei Tubes with New Multi-testing Block Concept, World Steel & Metalworking, Vol.10, 1989.
- 3 Nussmueller, E.
Qualitaet durch Pruefung? Tagungsband der 5. Vortragstagung 1990. Wien, 1990 OGfZP.
- 4 Wall, M., Wedgwood, F.A.
NDT - Value for Money, INSIGHT Vol.36, No.10, October 1994.