

ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛИНЫ ТРУБ И ПРОКАТА

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Необходимость измерителя длины вызвана с целью контроля качества мерных труб и проката и требованиями учета произведенной продукции.

Поскольку точностные характеристики средств измерения в наибольшей степени влияют на их конструкцию и стоимость, величину допустимой погрешности измерения длины определяют из следующих соображений:

Во-первых, отношение величины поля допуска и погрешности должно быть не хуже 3:1.

Во-вторых, отношение величины допустимых погрешностей рабочего средства измерения линейной величины и образцового средства (меры) также должно быть порядка 3:1 (для высокоточных измерений допускается 2:1).

В соответствие нормативным документам ГОСТ 8334-75 сдаточные параметры труб в пакете не должны отличаться + 10 мм для мерных труб 4,5 ... 15 м и с припуском по +5 мм для немерных труб 1,5 ... 9 м, но с учетом класса точности в соответствии ГОСТ 10704-91 соответствовать таблице 2

Таблица 2

Длина труб, м	Предельные отклонения по длине мерных труб, мм, классов	
	I	II
До 6 включ.	+10	+50
Св. 6	+15	+70

Трубы мерной и кратной длины изготавливают двух классов точности по длине:

I - с обрезкой концов и снятием заусенцев;

II - без заторцовки и снятия заусенцев (с порезкой в линии стана).

Предельные отклонения по общей длине кратных труб не должны превышать:

+ 15 мм - для труб I класса точности;

+ 100 мм - для труб II класса точности.

Как правило, длина мерных труб колеблется от 5 м до 15 м при этом допуск равен 10...15 мм, что составляет 0,1...0,2 % их длины.

Измерение с такими данными в цеховых условиях относят к высокоточным.

В качестве образцового средства измерения длины для оценки погрешности рабочего средства измерения целесообразно применять металлическую рулетку с ценой деления 1 мм, что на порядок меньше поля допуска на длину труб.

Исходя из вышеприведенного, предел допустимой погрешности измерителя длины мерных труб должен составлять $\pm (2... 3)$ мм.

Другими важными требованиями к измерителям длины труб являются:

- контроль во всем диапазоне длин без перестройки;
- обеспечение требуемой точности во всем диапазоне скоростей и ускорений труб на участке контроля;
- наличие развитой и простой в обслуживании системы настройки и тестирования, что особенно важно при круглосуточном режиме работы.

Необходимо заметить, что *измеритель является не стандартизованным средством измерения, изготавливаемым единичными образцами или мелкими партиями, и должен проходить метрологическую аттестацию согласно ДСТУ 3215* после монтажа и наладки на месте эксплуатации.

Программа и методика метрологической аттестации оформляется отдельными документами.

Калибровка измерителя проводится согласно ДСТУ 3989 по методике, изложенной в паспорте на оборудование.

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Существующие методы измерений длины труб механическими и электромеханическими способами требуют много времени и доступа к обоим концам трубы, что не всегда возможно в реальных условиях. Эти ограничения отсутствуют в оптических и акустических способах измерения длины труб.

Акустические способы измерения длины труб, базируются на измерении времени распространения акустического импульса, отраженного от конца трубы, и расчете длины трубы по измеренному времени и известной из справочных данных величине скорости звука в воздухе из соотношения

$$S = V \times t,$$

где S - размер изделия, V - скорость распространения сигнала, t - время его распространения.

Все эти приборы измеряют время Δt пробега акустического импульса по трубе в прямом и обратном направлениях, а длину трубы L рассчитывают по формуле

$$L = V(T) \cdot \Delta t / 2,$$

где $V(T)$ - скорость звука при температуре T , известная из справочных данных (например,

эмпирическая зависимость $V = 20 \sqrt{T}$, где T - температура в К).

Очевидно, от точности измерения Δt зависит и точность расчета длины трубы.

Существует еще один способ акустического метода, когда фиксируется интервал времени между посланным с одного конца трубы акустическим импульсом и отраженным от другого конца эхоимпульсом. Такой способ не обеспечивает достаточной точности измерения в связи с неоднозначностью определения момента вхождения переднего фронта эхоимпульса (изменение крутизны фронта и формы принятого эхоимпульса, возникновение переходных процессов при излучении импульса, связанных, в частности, с колебаниями корпуса излучателя), а также возможностью срабатывания приемника сигнала от помех.

Следует отметить, что способ не применим к трубам с большими сквозными дефектами в стенках, поскольку от них могут возникать эхоимпульсы, фиксация которых исказит результаты измерения.

ИЗМЕРИТЕЛИ ДЛИНЫ ТРУБ И ПРОКАТА

Из наиболее известных по применению в промышленных условиях металлургических цехов и зарекомендовавшим себя по надежности относится бесконтактный метод оптического способа, где применяются фотодатчики в т. ч. и лазерные.

1. Измеритель длины на основе фотодатчиков.

В основу применяемого метода положено способ использования оптоэлектронных датчиков (фотоголови с отражателями или осветителями), располагаемых вдоль рольганга двумя группами – грубого и точного отсчета. Расстояния между датчиками грубого отсчета порядка 1 м. Они паспортизируются после монтажа и хранятся в памяти микропроцессорного вычислительного блока. Расстояние 100 мм между датчиками точного отсчета, установленными на измерительной линейке, выдерживается с допуском $\pm 0,1$ мм, что обеспечивается механической обработкой линейки на координатно-расточном станке.

Схема расположения датчиков при контроле труб длиной от 5 до 13 м показана на рисунке внизу, общее количество датчиков грубого отсчета – 9, точного – 13.

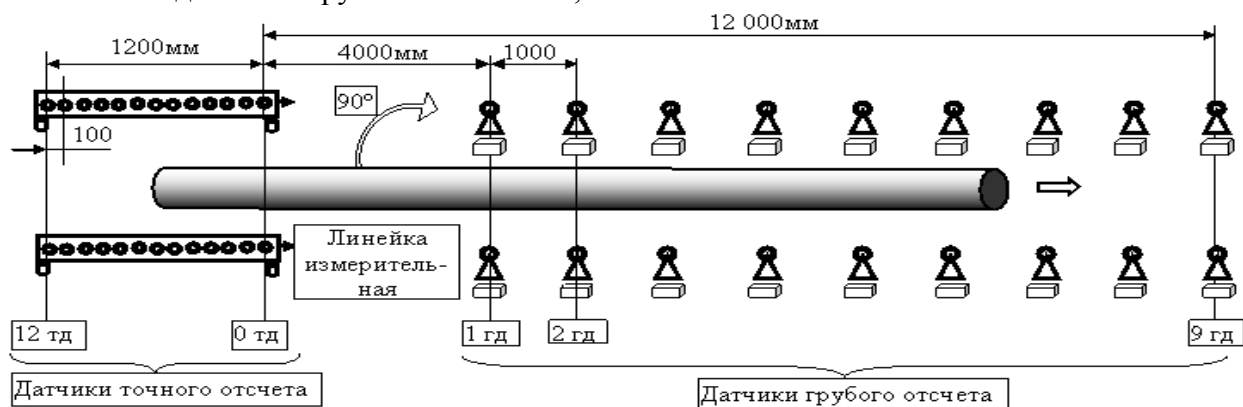


Рис. Расположение датчиков оптического способа измерений длины на примере измерителя ИДТ-1. Логическая схема такого измерителя содержит микропроцессорное устройство с достаточным быстродействием для обработки результатов измерений.



Рис. Блок – схема измерителя

Данный тип измерителей позволяет измерять длину движущихся труб круглого или квадратного сечений. Перестройка измерителя при смене сортамента не требуется.

Точность измерения длины труб ± 2 мм достаточна для контроля длины мерных труб, выпускаемых по ГОСТ, АРІ, другим стандартам и техническим условиям, где поле допуска по длине составляет +10 и более мм.

Следует отметить, что для установки данного типа измерителей желательно выбирать участки передвижения труб длиной до 15 м, где возможно расположение фото головок датчиков.

Кроме этого, если прокат достаточно нагрет, то необходимо помещать фото головки в специальные рубашки с водяным охлаждением.

2. Измеритель скорости и длины с лазерным лучом на основе пространственно распределенного частотного фильтра (англ.: spatial filter)

Решение вопроса стесненного пространства и повышенной температуры, является использование специально разработанных устройств измерения скорости и длины проката на основе лазерного луча. Замена тактильных импульсных датчиков (мерильное колесо, мерильный валик/ролик, мерная гусеница).

В основе лежит пространственно распределенный частотный фильтр (англ.: spatial filter), который позволяет выполнять бесконтактное измерение длины и скорости движущихся материалов. Такой принцип обеспечивает фильтрацию выделенных решетчатых структур (т. н. импульсная сеточная модуляция). Оптически различимые структуры поверхности материала распознаются, программно структурируются, как решётка и передаются на CCD-датчик. Оптические датчики, которые используют этот принцип, работают без соприкосновения с поверхностью объекта и обеспечивают таким образом полностью бесконтактное измерение. На рисунке ниже приведен вид датчика-измерителя зарубежного изготовителя датчиков со «spatial filter» (VLM Германия).



Рис. Измерение скорости и длины непрерывно движущихся объектов

Через объектив измеряемый объект отображается на строку датчика CCD, который действует как дифференциальная оптическая решетка. Это специализированная аналоговая микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, использующая технологию приборов с зарядовой связью. Строка CCD работает только как оптическая решетка и не используется для съёмки изображения. Интегрированный в датчик источник белого света служит для освещения измеряемого объекта. Влияние внешнего света эффективно подавляется в процессе отображения объекта, этот вопрос был решен технологически.

Вследствие импульсной сеточной модуляции при движении объекта возникает импульсный сигнал, частота которого пропорциональна скорости объекта. Из измеренной частоты сигнала рассчитывается

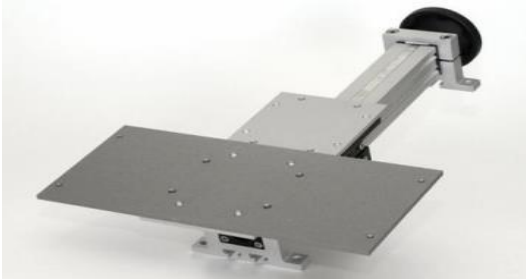
скорость и длина объекта. Благодаря многоконтурному регулированию сигнала и сложным алгоритмам происходит практически автоматическое приспособление датчика к различным структурам, освещенности и поверхности материалов.

Дистанция измерения колеблется от 170 мм до 240 мм при скорости объекта 0,001...50м/с. При этом погрешность измерений по DIN 1319 составляет 0,1 %, что вполне приемлемо к требуемой.

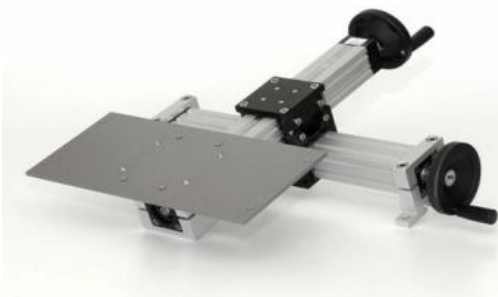
Мощность потребления таких устройств до 20Вт, габариты 260x160x90, вес 3,3кг.



Защитный корпус из нержавеющей стали на верхней стороне имеет 70 мм штуцер для подключения шланга подачи охлаждающего воздуха. Электрические кабели проходят внутри шланга.



Юстировочное одноосевое приспособление LJ1 предназначено для точной установки датчика с целью соблюдения рабочей дистанции от объектива до поверхности движущегося материала. Часто используется в промышленности для перемещения датчика по вертикали при измерении длины и скорости плоских материалов различной толщины, например, металлической заготовки, профиля, листовой резины, пластмассовых изделий и т.д.

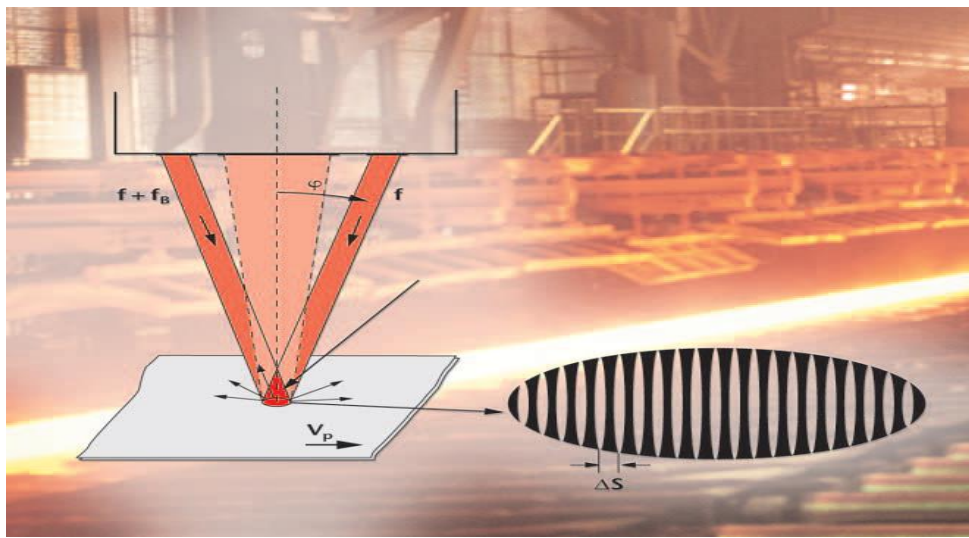


Юстировочное двухосевое приспособление LJ2 предназначено для точной установки с целью соблюдения рабочей дистанции от объектива до поверхности движущегося материала. Часто используется в промышленности для перемещения VLM500 по вертикали и по горизонтали при измерении длины и скорости, например, трубы или трубной заготовки, круглого и сферического профиля, кабеля, шлангов и т.д. Предлагается также аналогичное приспособление, в котором одна из осей имеет моторный привод и ее перемещение может быть автоматизировано.



Запасная лампа (источник света). В измерителе используется специальный источник освещения LED с высокой светоотдачей, яркость которого уменьшается в процессе эксплуатации в среднем на 70% после 50 000 часов работы при температуре источника (кристалла) 80° С. Таким образом, источник освещения рекомендуется заменять через каждые 20 000 часов работы, т.е. при круглосуточной работе измерителя через каждые 2 ... 2,5 года. Замена выполняется быстро и легко на месте и не требует специально подготовленного персонала.

Аналогичные типы устройств производят и другие компании, так ELOVIS заявляет о самой компактной системе μ SPEED в мире, Polytec производит лазерные измерители LSV для тяжелых условий горячих цехов (прокат слябов, трубной заготовки и т. п.).



Эффект Доплера

Эффект Доплера состоит в том, что свет, отраженный от движущегося объекта имеет сдвиг по частоте, пропорциональный скорости и направлению движения объекта относительно приемника. Лазерный измеритель скорости определяет этот сдвиг частоты, что позволяет рассчитать текущее значение скорости поверхности объекта.

Измерители Polytec LSV используют модифицированную доплеровскую технологию для измерения движения объекта в плоскости, ортогональной оптической оси сенсора. Два луча лазера, направленных под углом φ к оптической оси датчика, «накладываются» друг на друга.

Пересекающиеся лучи формируют интерференционную картину на поверхности объекта измерения. Скорость движения поверхности вдоль оси измерения, перпендикулярной полосам интерференционной картины, измеряется путем определения частоты модуляции рассеянного света, который собирается оптическим приемником.

Устройство сенсорной головки

Сенсорная головка включает в себя брэгговскую ячейку (акусто-оптический модулятор), чтобы разделить излучение лазера на два луча одинаковой мощности, но имеющих сдвиг по частоте $f_B = 40$ МГц. Оба луча пересекаются на некотором расстоянии от датчика под углом к оптической оси. Обратнорассеяное излучение с помощью специальной оптики фокусируется на фотоприемнике. Затем, сигнал передается на контроллер для обработки и расчета скорости и длины.

Измеряемый оптический сигнал

В точке пересечения лазерных лучей возникает интерференционная картина, представляющая собой чередующиеся светлые и темные полосы. Расстояние Δs между ними зависит от угла φ и длины волны λ :

$$\Delta s = \lambda / (2 \sin \varphi)$$

Когда участок поверхности, рассеивающий свет, движется через интерференционную картину, он отражает свет от каждой полоски. При этом сигнал имеет модуляцию по яркости на доплеровской частоте f_D , умножив которую на Δs можно получить текущее значение скорости поверхности v_p :

$$v_p = \Delta s \cdot f_D$$

Расстояние между полосами остается постоянным и не зависит от изменения расстояния до объекта, если он находится в пределах глубины диапазона измерения. Значение длины получается путем интегрирования текущей скорости в режиме реального времени.

Определение направления движения

Интерференционные полосы движутся с частотой f_B . Направление их движения определяется сдвигом частоты одного луча относительно другого. Эта частота модуляции является несущей и имеет значение 40 МГц.

$$f_m = 40 \text{ MHz} \pm f_D$$

Этот эффект известен как гетеродинный приём, который позволяет определить направление движения (+ или -) и определять остановку («нулевую» скорость $v=0$). Другим преимуществом является то что точность измерения не зависит от изменения внешних условий, т.к. интервал между полосками Δs зависит только угла φ и длины волны λ .

3. Оптическая установка для группового измерения изделий

Основан метод измерения изделий на использовании фотокамеры и обработки ее изображения попиксельно в соответствие масштабной сетки. Позволяет измерять не только длину но и диаметры

изделий. Довольно сложный оптический узел с независимой подсветкой и подвешенной камерой с высокой степенью разрешения.

Метод не приемлем для быстродвижущихся объектов и может использоваться на столах осмотра ОТК.

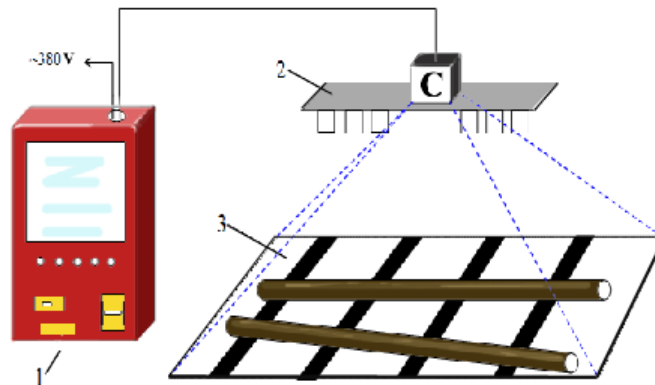
Ниже приведен общий вид такого измерителя.

Установка позволяет провести измерения от 1-го до 50 шт. изделий за 20 с.

Минимальная длина изделий 6 м, максимальная 12 м, погрешность до 20 мм.

Диаметр изделий от 20 мм до 150 мм.

Общий вид установки приведен на рисунке внизу.



1 - Пульт управления и обработки информации

2 - Рама с прожекторами подсветки

3 - Раскаточный стол с трубами

С - Блок фотокамеры

Как видно, основу установки составляет пульт управления и обработки информации 1, с которым непосредственно работает оператор. Над раскаточным столом 3 с трубами, располагается металлическая рама 2, на которой закреплены прожекторы подсветки и блок фотокамеры С.

3. Контактный метод определения длины, есть контакт — есть проблемы

Более чем когда-либо раньше производители и переработчики вынуждены выпускать продукцию все более высокого качества и гораздо быстрее, при этом постоянно сокращая производственные затраты. Этого нелегко добиться, используя измерительные приборы контактного типа для контроля длины и скорости материала. Контактные датчики, имеющие высокую погрешность (порядка 2%), могут стоить предприятию больших денег и ненужных расходов из-за потерь продукции, большого количества отходов, длительных простоев, связанных с переналадкой и техническим обслуживанием оборудования.

Основой данного метода является способ размещения мерительного ролика, который катится по материалу и связан через гибкий вал (муфту) с датчиком – импульсатором (энкодером).

Принцип работы: мерительный цилиндрический ролик, вращаемый на оси, прижимается к изделию и обкатывает его при поступательном движении. С роликом жестко связан импульсатор, который выдает определенное число импульсов на один оборот ролика.

Цена импульса может быть определена по следующей формуле:

$$K = \pi \times D / n \times \mu,$$

где n - число импульсов на 1 оборот импульсатора;

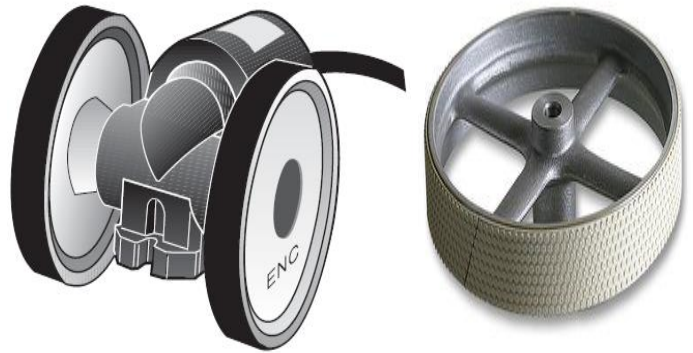
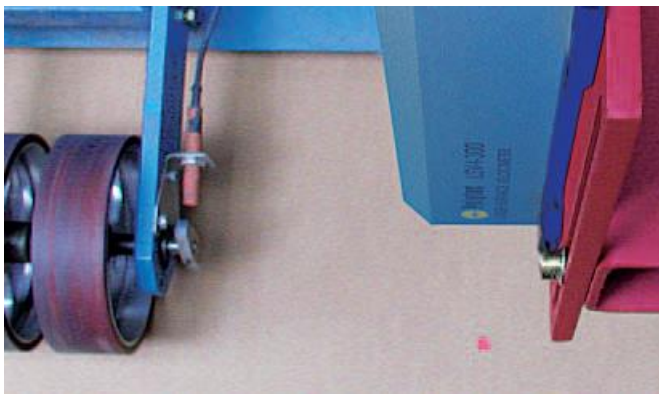
D - диаметр мерительного ролика;

μ - передаточное отношение между роликом и импульсатором.

Подсчитав число импульсов m можно определить длину изделия:

$$L = m \times K$$

В данной системе возможно проскальзывание ролика по изделию. Чтобы избежать этого, применяют магнитные ролики или специальные прижимы.



В качестве контактирующего ролика используются наборы специально изготовленных мерительных колес для различного вида материала с которым ролик должен соприкасаться.

Мерное колесо представляет собой специальное тарированное колесо, катящееся по измеряемой поверхности и соединённое со счётчиком оборотов, проградуированным в метрах. Мерные колёса изготавливаются с определённым диаметром и соответственно с заданной длиной окружности обода, кратной применяемой мере длины. Расстояние определяется в счётчике умножением количества оборотов на единицу измерения. При выборе измерительного колеса необходимо учесть тип и свойства измеряемого материала с тем, чтобы покрытие колеса было в хорошем зацеплении с поверхностью товаров, но не повреждало их. Периметр колеса должен соответствовать размеру выбранного счетчика. Чем меньше периметр, тем больше должна быть прикладываемая сила, и тем больше опасность проскальзывания, что может привести к ошибке в показаниях счетчика. Ширина колеса также влияет на качество работы всей системы.

Для таких устройств крайне нежелательно отсутствие измеряемого материала, т.к. это негативно воздействует на мерительный узел и может привести к его поломке.

Для того, чтобы увеличить точность уменьшают цену импульса.

В качестве мерительного ролика могут быть также использованы подающие ролики или валки прокатной клети. В последнем случае для определения цены импульса необходимо учитывать опережение металла. В процессе работы мерительный ролик изнашивается. При выборе импульсатора важна стабильность импульса во время работы измерительного ролика. Кроме того, надо учитывать, что увеличение числа импульсов на один оборот измерительного ролика уменьшает цену импульса, т. е. увеличивает точность измерения.

В качестве импульсаторов применяют сельсины, высокочастотные генераторы, а также фотоэлектрические, электромеханические, электромагнитные и другие устройства.

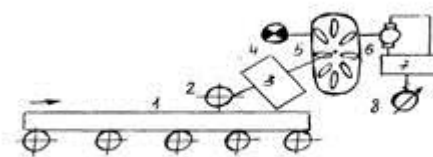


Схема электромеханического измерителя длины

1- материал; 2 - мерительный ролик; 3 - редуктор; 4 – осветитель; 5 - диск с прорезами; 6 – фотоэлемент; 7 - счетное устройство; 8 - прибор регистрирующий.

Такие мерительные узлы используются на трубоэлектросварочных станах, где процесс сварки трубной заготовки непрерывный или при выпуске различных пленок или бумаги.

Недостаток таких устройств проскальзывание измеряемого материала, что приводит к увеличению погрешности измерений, которое может выходить за рамки допусков.

Такие устройства можно использовать для первичного раскроя заготовок или порезки труб, которые в дальнейшем подлежат обработке по торцам и т. п.

ПЕРЕНОСНЫЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ ИЗДЕЛИЙ

Очень часто на практике необходимо проводить измерения изделий которые находятся на складах в пакетах.



Для этой цели разработаны переносные устройства одно из них *акустическая рулетка*.



Акустическая рулетка является универсальным прибором для измерения длины круглых и профильных труб из различных материалов (черная, оцинкованная, нержавеющая сталь, цветные металлы, полимеры и др.), позволяющая:

- 1) Оперативно оценить объем поставки трубной продукции одним человеком без разгрузки транспортного средства
- 2) Быстро составить документы по количественным характеристикам поставки и, тем самым, уменьшить простой авто- и ж.д. транспорта
- 3) Получить прямой экономический эффект от экономии рабочих мест, увеличения точности учета и скорости обслуживания покупателей (до 1% от стоимости измеряемого объема труб).

Основными достоинствами являются:

- малое время измерения длины трубы
- возможность работы при доступе к трубе с одного конца
- наличие счетчика количества измеренных труб и их суммарной длины
- = энергонезависимая память и возможность передачи данных на компьютер
- измерение длины трубы, расположенной как в пакете, так и на стеллаже

Диаметр измеряемых труб 4 ... 20 мм, длина от 4 м до 20 м, погрешность до 0,5 %.

Эхо импульсные измерители



Измерение длины основано на принципе эхо импульсной методы.

Посланный в определенное время импульс ультразвука достигает, по прошествии времени зависящего от скорости звука, измеряемый объект, отражается и достигает снова ультразвуковой сенсор.

Отражение эха в открытой трубе происходит за счёт выхода импульса в конце трубы. Длительность этого процесса измеряется в миллисекундах и с помощью разработанной микропроцессорной техники приводит к желаемому результату - точному измерению длины.

Внутренний диаметр труб 20 ... 250 мм, длина 2,7 ... 20 м, погрешность 0,1 %.

ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ И ВЗВЕШИВАНИЕ

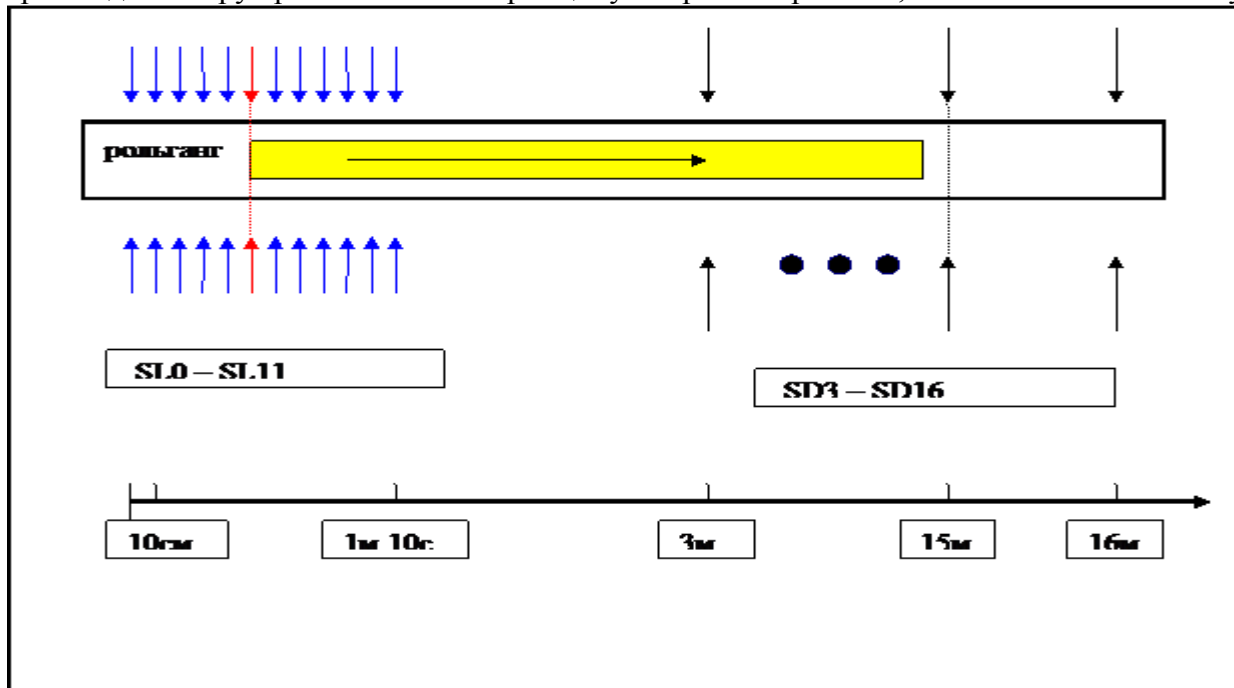
Для повышение оперативности, качества учета и планирования производства за счет объективного поштучного приборного контроля длины и массы в технологическом потоке применяются приборы определения длины и веса изделий, как правило это 2-е системы функции которых определены, как:

- 1) Взвешивание и измерение длины изделий поштучно;
- 2) Отображение измеренных значений длины и массы на дисплее компьютерного терминала и большеформатном табло;
- 3) Ввод и отображение общей информации о контролируемых изделиях: диаметр, толщина стенки;
- 4) Расчет теоретической массы изделия и ее сопоставление с фактической массой;
- 5) Расчет погонной массы изделия и сопоставление с требованиями используемого стандарта;
- 6) Индикация сообщений о выходе браковочных параметров по длине и массе изделия за предельные значения;
- 7) Фиксация времени контроля каждого изделия;
- 8) Накопление и хранение данных о результатах взвешивания изделий и измерения их длины в течение 90 суток с возможностью их выборочного (по времени) или пошагового просмотра;

- 9) Формирование и выдача в компьютерную сеть цеха (ПРБ) накопленных данных о результатах взвешивания и измерения длины изделий;
- 10) Калибровка и поверка измерительных каналов системы;
- 11) Автоматическая диагностика системы;
- 12) Защиту от несанкционированного доступа к хранимым данным и программным настройкам системы.

Для организации работы систем, обработки, хранения и визуализации результатов измерения, необходима организация верхнего уровня с возможностью ввода параметров для этого должен использован компьютерный терминал в промышленном исполнении (при размещении в промышленных зонах). Для связи должна быть организована локальная сеть на базе промышленного интерфейса RS-485 либо Ethernet.

Измерения длины труб реализована по принципу «мерных отрезков», аналогично описанному выше.



Реперные датчики SD3-SD16 устанавливаются по обе стороны рольганга (излучатели-приемники) на фиксированном расстоянии друг от друга и образуют большие 1-но метровые мерные отрезки. Датчики SL0-SL11, объединенные в единый конструктив – мерительную линейку, образуют малые сто миллиметровые мерные отрезки.

При прохождении трубой зоны измерения, часть приемников экранируется ею от излучателей и датчики формируют соответствующий выходной сигнал. В процессе прохождения задним концом трубы зоны расположения мерительной линейки производится измерение времени прохождения каждого малого мерного отрезка и одновременно контролируется реперными датчиками положение переднего края трубы. При обнаружении очередным реперным датчиком переднего конца трубы, производится расчет местоположения заднего конца трубы внутри малого мерного отрезка. Таким образом, общая длина трубы будет определяться как сумма больших и малых мерных отрезков, фиксируемых датчиками типа SL и SD, находящимися в затененном состоянии, плюс расчетная величина части малого мерного отрезка.

Информация от датчиков положения трубы на рольганге SL и SD поступает в контроллер, который обрабатывает ее в соответствии с алгоритмом и рассчитывает длину трубы. Результат измерения длины по интерфейсу RS-485 или Ethernet передается в компьютерный терминал.

При попадании трубы на весы тензометрические датчики формируют сигнал, пропорциональный весу, который обрабатывается компьютерным терминалом. Совокупная информация о длине и массе каждой трубы преобразуется терминалом в соответствующие форматы для заполнения баз данных, рассчитываются вторичные параметры и формируются сообщения на средства отображения – дисплей и большеформатное табло.

В качестве датчиков для измерения длины используются оптоэлектронные датчики (например: серии ОЭД), использующие модулированное инфракрасное излучение и обладающие высокой разрешающей способностью в зоне перехода «свет-тень», что обеспечивает надежную защиту от ложных срабатываний при посторонней засветке приемников от горячей трубы, сварки и т.п., а также четкую фиксацию края трубы.

Наибольший предел измерения длины (НПИ) 12 500 мм, наименьший предел измерения длины (НмПИ) 4 500 мм, предел допускаемой погрешности измерения длины 10 мм.

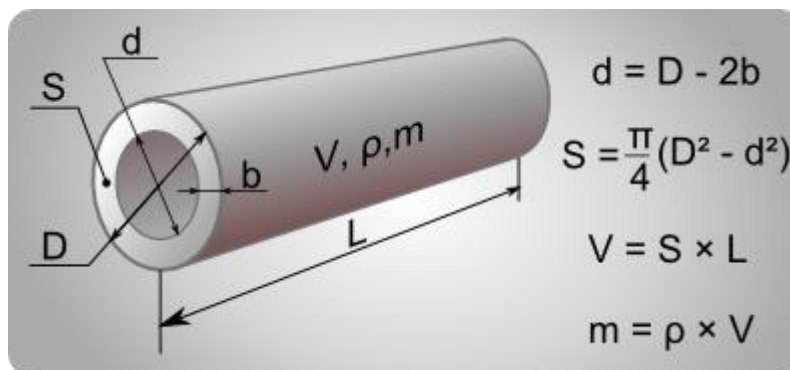
Измерения массы труб реализовано по принципу компьютерного тензовзвешивания с грузоприемной платформой и смонтированными на ней тензометрическими датчиком.

Наибольший предел взвешивания (НПВ) до 1 000 кг, наименьший (НмПВ) 15 кг при погрешности в пределах от 2% до 5% при скорости взвешивания 5 с.

В аппаратной части логического устройства используется промышленный контроллер с опциями математических вычислений с плавающей запятой.

Теоретическое определение массы трубы

Металлургические калькуляторы используют для вычисления массы изделия, в общем своих действиях к вычислениям: площади изделия, объема его и используют таблицы удельного веса материала из которого изготовлено изделие, получая теоретическую массу изделия. На рисунке ниже приведены основные данные для определения теоретической массы трубы.



где D - Наружный диаметр трубы;

b - Толщина стенки трубы;

d - Внутренний диаметр трубы;

S - Площадь поперечного сечения трубы;

L - Длина трубы;

V - Объем материала трубы;

ρ - Плотность материала трубы;

m - Масса трубы.

Простые формулы расчета массы труб

Формула – для круглой трубы:

Удельный вес = 3.14 x (D – T) x T x L x P, где:

D – внешний диаметр;

T – толщина стенки;

L – длина;

P – плотность стали.

Формула – для квадратной трубы:

Удельный вес = (A – T) x T x 0.0316

Для прямоугольных труб:

Удельный вес = (A + B – 2 x T) x T x 0.0158

В любом случае полученные данные являются только теоретическим расчетом. Это объясняется следующими причинами:

- при расчетах часто приходится округлять рассчитанные значения;
- при расчетах форма трубы подразумевается геометрически правильной, то есть, не учитываются наплывы металла на сварочном стыке, закругления в углах (для профильного проката), уменьшение или превышение размеров относительно типовых в пределах допустимых ГОСТ;
- плотность разных марок стали отличается от 7850 кг/м. куб. и для многих сплавов разница довольно значительна при определении веса большого количества трубной продукции.

Общая формула вычисления теоретической массы трубы.

Теоретическую массу 1 м длины трубы вычисляют в килограммах по формуле:

$$M = 0,02466148 \times s(D_{\text{н}} - s),$$

где M - масса, кг; D_n - наружный диаметр, мм; s - толщина стенки, мм.

При определении теоретической массы 1 м труб за исходную величину принимается плотность стали $7,85 \text{ г/см}^3$.

Т. о., имея электронный каталог теоретического веса разного сортамента труб соответствии ГОСТ, можно сравнить с теоретическими вычислениями на базе измерителя длины и вывести ошибку, а если есть в наличии измеритель веса, то ввести поправки в таблицу.

МАРКИРОВКА ТРУБ

Полученные данные длины и веса трубы желательно сохранить для идентификации трубы, дополнив данными о марке стали, № плавки, времени ее выпуска, логотипом предприятия и другими сдаточными атрибутами, что позволяет:

- идентифицировать каждую трубу в межремонтный период;
- осуществлять автоматизированный учет труб on-line: получать полную информацию о характеристиках каждой трубы, ее состоянии и местонахождении в выбранный момент времени;
- выполнять автоматическую комплектацию труб в ремонтном цехе по заявке заказчика;
- принимать решения о закупках новых труб на основании объективной статистической информации;
- оптимизировать потоки трубной продукции.

Это очень актуально для насосно-компрессорных труб и труб, идущих на спец заказы.

Для этой цели устанавливаются маркировочные устройства или маркаторы для нанесения надписей на криволинейную поверхность. Ниже на рисунке приведен участок маркировки труб и его оборудование.



Маркировать трубы можно нанесением механической маркировки (гравировка), лазерная маркировка (гравировка лазером), нанесение маркировки специальной краской.

Механическая маркировка



Механическая маркировка производится ударным методом на наружную поверхность трубы с производительностью до 30 знаков/мин. Маркировочная надпись образуется отдельными точками глубиной $0,25 \dots 0,3$ мм. Качество маркировки обеспечивает визуальное считывание цифробуквенной надписи в межремонтный период. Производительность установки – до 35 изделий в час.

В качестве маркирующего устройства на Днепропетровском трубном заводе использовался маркатор MV5 производства Германии совместно с ПК.

Способы нанесения механической маркировки должны учитывать требования по сдаточным испытаниям – не «травмировать» трубу.

Маркировка краской или чернилами



Маркировка красками или специальными чернилами - один из старейших способов маркировки. Наибольшее распространение сегодня маркировка красками имеет в легкой, электронной и пищевой промышленности, где используется оборудование типа IMAGE и DOMINO. Эти маркеры оборудованы специальными головками с соплами, с помощью которых возможно нанесение любого вида маркировки. Контрастность изображения обеспечивается различным количеством точек на единицу площади изображения. Новейшее оборудование для маркировки красками позволяет создавать разноцветные обозначения очень высокого качества.

Однако клеймение горячего металла красками невозможно: лучшие образцы лакокрасочной продукции выдерживают температуру не более 1 000 °С. Плюс к этому в условиях металлургических предприятий и горячих цехов трудно обеспечить необходимую чистоту и приемлемый температурный режим, требуемые для безотказной работы краскоструйных сопел.

Затрудняет использование краскоструйных маркеров и характер поверхности многих металлоизделий. Окалина, пыль, неровности, влага и т. п. делают маркировку красками фрагментарной и недолговечной.

Все перечисленные факторы делают невозможным или экономически невыгодным использование краскоструйных маркеров в горячих цехах и при машинах непрерывного литья заготовок.

Однако маркировка в металлургии красками применяется - для обозначения холодных (остывших) металлоизделий. Единственное требование для использования маркировки красками - чистота и высокая адгезивность поверхности.

Краски используют для маркировки труб горячекатаных (на выходе из прокатного стана, когда температура изделия становится приемлемой), маркировки слябов и блюмов и т.п.

Оборудование для маркировки краской состоит из следующих узлов:

- 1) головка с 7 или 9 соплами;
- 2) манипулятор для перемещения головки с соплами;
- 3) специальная панель для подготовки краски;
- 4) пульт управления;
- 5) терминал для оператора, с помощью которого можно вручную задавать параметры маркировки;
- 6) электронная система управления (программное обеспечение).

Краскосопла имеют увеличенный диаметр отверстий, что препятствует их засорению, и приспособлены для операции самоочистения. Минимальная высота наносимой маркировки - 19 миллиметров, что может служить ограничением в использовании такого оборудования для некоторых видов металлоизделий.

С помощью оборудования для маркировки краской можно наносить не только буквенно-цифровые коды, но и штрих-коды. Однако, на данном оборудовании можно нанести только бинарные коды (содержащие минимум информации о металлоизделии), для считывания которых нужна специальная аппаратура (промышленные сканеры).

Оборудование для нанесения маркировки краской имеет высокую степень надежности. Однако, при использовании маркировки в металлургии с помощью красок и специальных чернил необходимо учитывать, что для полного высыхания краски требуется определенное время, при этом чем горячее металлоизделие, тем больший срок требуется для высыхания краски. При высокой температуре маркируемых металлоизделий также повышаются эксплуатационные расходы на краскоструйное оборудование: увеличивается расход красок, требуется больше времени для технического обслуживания агрегата и т. п.

Основные характеристики:

- Постоянные метки для идентификации
- Высокая степень разборчивости символов для обычного или автоматического считывания в условиях неповреждения метки
- Разборчивая маркировка на грубых и неровных поверхностях.
- Высокая скорость маркировки.

Основное оборудование:



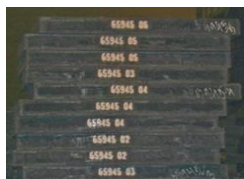
- Многопистолетные установки нанесения краски или чернил
- Однопистолетные установки нанесения краски или чернил.

Способ нанесения маркировки краской должны обеспечивать сохранность маркировки при перегрузке труб, когда они испытывают механические воздействия.

Маркировка спреем



Различают установки для маркировки порошковым спреем и



установки для маркировки расплавленным спреем металла проволоки (высокая устойчивость маркировки к суровым условиям хранения и транспортировки)

Лазерная маркировка



Лазерная маркировка - самый современный способ нанесения требуемого обозначения, используемый в том числе и при маркировке в металлургии. Лазерная маркировка имеет много преимуществ:

- 1) возможность нанесения практически на любой продукт промышленного изготовления - пластиковые изделия, стекло, металлоизделия, дерево и пр.;
- 2) широкий выбор наносимых обозначений - от одномерных (1D) линейных штрих-кодов до двумерных (2D) изображений, в том числе сложных, вплоть до логотипов и защитных рисунков;
- 3) высокая читабельность лазерной маркировки. Для считывания информации, нанесенной с помощью лазера, можно использовать даже недорогие сканеры, причем со значительного расстояния;
- 4) очень высокая износостойчивость, в том числе к температурному и абразивному воздействию;
- 5) высокая контрастность и четкость изображений на маркировке, возможность прорисовки изображений практически любого размера.

Маркировка в металлургии с помощью лазерных установок имеет ряд особенностей, которые ограничивают ее применение. Если для нанесения лазерной маркировки на пластик или стекло не требуется специальной подготовки поверхности, а нанесение изображения можно производить полностью бесконтактным методом, то для абсолютного большинства металлоизделий необходима подготовка поверхности для нанесения лазерного клейма.

Такая подготовка поверхности металлоизделия заключается в предварительном нанесении на место клейма специальной белой краски, по которой и будет выжигаться лазерная маркировка.

Необходимость использования краски вводит ряд ограничений:

- а) невозможно клеймение горячего металла;
- б) требуется время для высыхания краски;
- в) поверхность металлоизделия должна обладать достаточной адгезивностью для сохранности красочной основы лазерной маркировки.

В металлургии широко применяется лазерная маркировка листа толстостенной стали, наносимая на кромку изделия. Специальная керамическая краска наносится с помощью штемпельной подушечки или краскопульта на металлоизделие, после чего с помощью лазера практически моментально выжигается требуемая маркировка. Фон из керамической белой краски нужен для создания контрастной маркировки изделий.

Опыт показывает, что применение лазера для маркировки горячего металла - не самое эффективное решение: лучше использовать другие способы маркировки. Однако в зависимости от технологических процессов, применяемых на металлургическом предприятии, лазерное оборудование используют и для маркировки труб, проката, рулонов, чушек, слябов и прочей продукции.

Оборудование для нанесения лазерной маркировки состоит из следующих узлов:

- оборудование для нанесения краски на изделие (штемпель или краскопульт);
- лазер CO₂;
- автоматизированный манипулятор для подведения лазера к требуемому участку изделия;
- терминал оператора;
- система управления оборудованием.

К преимуществам использования лазеров при маркировке в металлургии следует отнести невысокие энергетические и эксплуатационные затраты оборудования, а также высокое качество такого вида клеймения.

Основные характеристики:

- Используют сочетание пистолета распыления краски и лазер CO₂.
- Возможность нанесения штрих-кодов (bar code), логотипов, любых символов.

Маркировка с помощью табличек (бирок)



В последние годы маркировка с помощью привариваемых табличек (бирок) стала востребованной для многих видов металлопродукции. Маркировка привариваемыми табличками дает надежную автоматическую идентификацию любых металлоизделий, поэтому она нашла широкое применение при маркировке горячего металла. Привариваемые таблички не мешают технологическим процессам обработки металлоизделий, надежны при дальнейшей транспортировке, складировании и хранении.

К преимуществам такого метода маркировки в металлургии следует отнести следующее:

- А) табличку с маркировкой можно прикреплять к любому металлоизделию независимо от его размеров, характера поверхности, температуры изделия и т. п.;
- Б) в качестве носителя маркировки выступает заранее изготовленная металлическая табличка с четкой маркировкой, которая легко читается (в том числе автоматически с помощью детекторов или сканеров) и не боится непогоды и неблагоприятных погодных и атмосферных условий;
- В) для автоматического считывания информации об изделии на таблички практически всегда наносится штрих-код, который может нести очень большой объем информации об изделии и его изготовителе;
- Г) при массовом применении использование табличек для маркировки экономически оправдано, особенно в тех случаях, когда нанесение другого вида маркировки невозможно или ненадежно. Таблички для маркировки труб, листа, рулонов, проката, чушек, слябов и прочего изготавливаются из металла с нанесением специальной белой керамической краски. После бесконтактного нанесения лазером CO₂ буквенно-цифровых кодов и штрих-кода получается четкая, контрастная маркировка, стойкая к износу и неблагоприятным внешним условиям. В настоящее время для кодировки металлоизделий используются линейные одномерные (1D) штрих-коды в виде линий. Вся информация об изделии и его изготовителе закодирована с помощью поперечных линий и пробелов между ними. Возможно применение различных штрих-кодов, используемых в промышленности и читаемых стандартными сертифицированными детекторами (сканерами). При подборе наиболее оптимального символа (Code 128, 39, 2 of 5 и т.д.) учитываются условия нанесения штрих-кода для каждого вида металлоизделий, а также объем информации, который необходимо использовать для маркировки в металлургии.

Для изготовления маркировочных табличек используется специальный лазерный принтер.

С помощью компьютера оператор может задать на рабочем терминале или получить по компьютерным сетям от вышестоящей АСУТП все необходимые данные для печати табличек. Лазерный принтер для изготовления маркировочных табличек очень компактен и свободно размещается рядом с персональным компьютером оператора установки. Выбор необходимого лазерного принтера определяется требованиями, предъявляемыми к маркировочным табличкам:

- 1) размеры маркировочной таблички;
- 2) объем информации, подлежащей кодировке, а также размер кодировки, который необходимо нанести на табличку;
- 3) требуемая производительность (скорость печати табличек).

Исходным материалом для изготовления маркировочных табличек является специальная металлическая лента с керамическим покрытием, на котором лазером выжигается маркировка труб, листа, проката и т. п.

Промаркированные лазером таблички прикрепляются к металлоизделиям либо вручную, либо с использованием автоматизированного сварочного оборудования.

Для ручного крепления маркировочных табличек используют строительные пистолеты или ручные сварочные аппараты.

Использование автоматизированного сварочного оборудования может быть обусловлено условиями работы, а также желанием снизить количество ручного труда, что экономит не только рабочую силу, но и время.

Маркировку горячего металла, когда температура металлоизделий достигает 1000 °С, лучше и безопаснее проводить с помощью сварочных автоматов. Так, маркировка слябов, разливаемых на МНЛЗ, возможна только с помощью автоматизированного оборудования, без участия человека. Выбор метода крепления маркированной таблички осуществляется исходя из особенностей технологического процесса металлургического предприятия и с учетом техники безопасности для персонала. Наиболее часто для крепления маркировочных табличек используются следующие операции:

- крепление с помощью гвоздей (шурупов, клепок, шлиц и пр.);
- крепление с помощью проволоки или перевязочной ленты;
- сварка по технологии MIG;
- контактная или дуговая сварка.

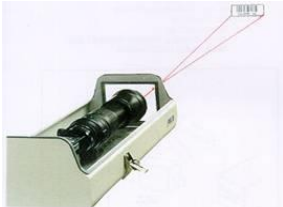
Агрегат автоматического крепления маркировочных табличек состоит из следующих узлов:

- оборудование для изготовления маркировочных табличек (лазерного принтера, ножниц и пр.);
- манипулятор для доставки таблички к месту крепления на металлоизделии;
- сварочный автомат для крепления маркировочной таблички;
- рабочее место оператора с пультом управления и сервисной панелью;
- программное обеспечение в отдельном защищенном блоке.

Основные характеристики:

- Возможность присоединения постоянных, высоконадежных табличек с штрих-кодами и другой информацией
- Отсутствие воздействия на металл
- Высокая надежность соединения с помощью сварки
- Малый цикл маркировки - около 15 секунд.

Расположение участка маркировки необходимо выполнять сразу за измерителями, т. к. в противном случае придется выполнить систему сопровождения труб, что в свою очередь может негативно повлиять на идентификацию труб.



Для идентификации и прослеживаемости изделий системы маркировки и клеймения дополняются системами для распознавания символов и марок.

Системы распознавания символов и марок обеспечивают:

- Возможность распознавания на дистанции до 15 метров
- Считывание с транспортировщиков
- Считывание с кранов
- Отслеживание изделий в любых точках производственного процесса
- Распознавание всех типов маркировки: механической, краской, набивными табличками.

Материал подготовлен с использованием открытых публикаций интернет ресурсов и личного опыта при проектировании, наладке и эксплуатации подобных устройств. Экономические аспекты вариантов устройств автором не рассматривались. Для этого можно воспользоваться стоимостью основных комплектующих для каждого метода и способа измерения, взвешивания и маркировочного устройства. Наиболее приемлемыми устройствами для измерения длины являются измерители скорости и длины с лазерным лучом на основе пространственно распределенного частотного фильтра.

В качестве маркирующих устройств - лазерная маркировка, как самый современный способ нанесения требуемого обозначения.

Автор: Анатолий Бельский
12.08.2016г.

Контактные данные:
Тел. моб.: +38 050 420 96 54
E-mail: belskiy@ua.fm