

**ПРУДОВСКИЙ П.В., ЗАО МНПО «Спектр» Москва, Россия**

### **МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ТОЛЩИНОМЕРОВ**

Все измерительные приборы, в том числе и рентгеновские толщиномеры нуждаются в поверке и калибровке. Над проблемой метрологического обеспечения рентгеновских толщиномеров, предназначенных для бесконтактного измерения толщин листового проката из черных и цветных металлов, работа ведется не первый год. На первом этапе, когда рентгеновская толщинометрия работала только на черную металлургию и обеспечивала точности до 1 – 3 % число эталонных образцов колебалось от 1 до 8 на прибор. Они устанавливались и снимались вручную. Калибровка рентгеновского толщиномера с их использованием требовала много времени и ювелирной точности в работе.

В настоящее время в НИИ Интроскопии созданы стенды для формирования заданного спектра рентгеновского излучения необходимой интенсивности, содержащие рентгеновский излучатель, приемник излучения, узел фильтрации излучения, выполненный в виде вращающегося элемента с пластинами переменной плавно или дискретно изменяющейся толщины и из различных материалов и размещенный между излучателем и приемником. Устройство рентгенобезопасно для окружающей среды. При калибровке толщиномера, при настройке и регулировке его элементов, которые необходимо проводить во включенном состоянии, обеспечивает одинаковую достоверность контролируемых толщин и постоянство метрологических показателей во всем диапазоне толщин. Суть технического решения заключается в том, что стенд, содержащий бокс с оболочкой из рентгенопоглощающего материала, испытуемый рентгеновский толщиномер, включающий рентгеновский излучатель и приемник излучения, размещенные в боксе по оси 0-0, схему обработки, устройства управления, запоминания и регистрации, диск с приводом вращения диска вокруг своей оси 0<sub>1</sub>-0<sub>1</sub>, расположенный между излучателем и приемником толщиномера, и наборы образцов из различных материалов эталонных толщин, а в диске в окружном поперечном его сечении радиуса  $r$  выполнены окна, в которых закреплены образцы эталонных толщин, и диск смещен своей осью 0<sub>1</sub>-0<sub>1</sub> параллельно от оси 0-0 рентгеновского потока излучателя на величину  $r$ , снабжен вторым диском с приводом вращения второго диска вокруг своей оси 0<sub>2</sub>-0<sub>2</sub>, и наборами сменных образцов рабочих толщин и сменных дополнительных образцов эталонных толщин так же из различных материалов, при этом во втором диске выполнены в окружном поперечном сечении радиуса  $r$  окна, аналогичные окнам первого диска, в которых установлены сменные образцы

рабочих толщин и (или) сменные дополнительные образцы эталонных толщин, причем второй диск расположен между первым диском и приемником излучения и смещен своей осью  $O_2-O_2$  от оси  $O-O$  рентгеновского потока на величину  $r$ , а первый диск дополнен в окружном поперечном сечении радиуса  $r$  двумя окнами, одно из которых открыто для рентгеновского потока излучения, другое закрыто для рентгеновского излучения экраном из рентгенопоглощающего материала.

Результатом данного подхода являются широкий диапазон контролируемых толщин с одинаковой достоверностью, за счет имитации практически любой толщины эталонными образцами из различных материалов, стабильность метрологических показателей толщиномера во всем диапазоне контролируемых толщин, обеспеченная лабораторными условиями настройки на образцах эталонных толщин и рабочих толщин, а также высокая рентгенобезопасность окружающей среды и, в частности, обслуживающего персонала при настройке и калибровке включенного в сеть толщиномера во вскрытом состоянии, за счет введенного экрана и оболочки бокса. На рис.1 показан общий вид конструкции стенда.

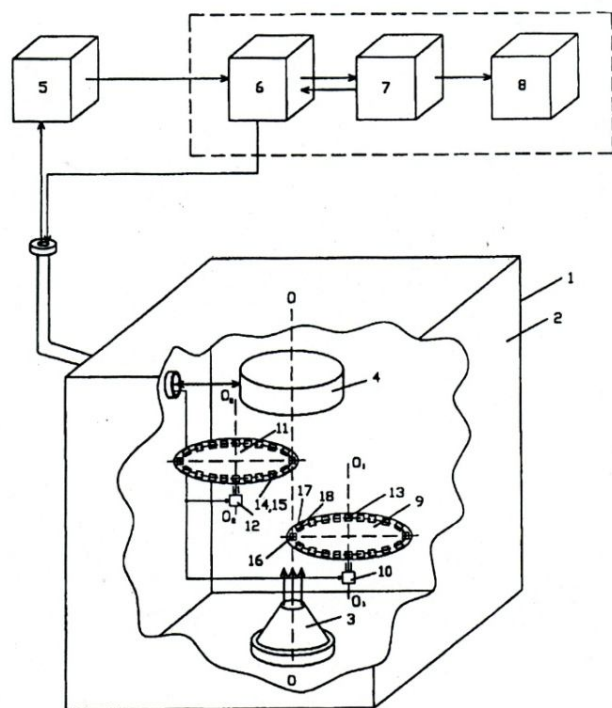


Рис.1 - Поверочный стенд рентгеновского толщиномера

Он содержит бокс 1 в виде прямоугольной камеры, покрытой оболочкой 2 из материала непрозрачного для рентгеновского излучения, испытуемый рентгеновский толщиномер, включающий рентгеновский излучатель 3 и приемник 4 излучения, размещенные в боксе 1 по оси  $O-O$ , схему 5 обработки информации толщиномера, устройства 6, 7 и 8 управления, запоминания и регистрации, первый диск 9 с приводом 10 вращения диска 9 вокруг своей оси  $O_1-O_1$ , второй диск 11 с приводом 12 вращения диска 11 вокруг своей оси  $O_2-O_2$  и образцы 13 эталонной толщины, сменные образцы 14 рабочей толщины и сменные дополнительные образцы 15 эталонной толщины. В первом и втором дисках 9 и 11 выполнены в окружных поперечных сечениях радиуса  $r$  окна, в которых закреплены образцы 13 эталонной толщины жестко (первый диск 9) и сменные образцы 14 рабочей толщины и (или) сменные дополнительные образцы 15 эталонной толщины (второй диск 11). Первый диск 9 размещен непосредственно перед рентгеновским излучателем 3, а второй диск 11 – между первым диском 9 и приемником 4 излучения и своими осями  $O_1-O_1$  и  $O_2-O_2$  диски 9, 11 смещены от оси  $O-O$  рентгеновского потока излучения толщиномера на величину  $r$ , являющуюся радиусом окружных сечений дисков 9 и 11.

Кроме того, в первом диске 9 дополнительно выполнены в окружном поперечном сечении радиуса  $r$  два окна 16 и 17, одно из которых открыто для рентгеновского потока излучения, а другое 17 закрыто для рентгеновского потока излучения экраном 18 из рентгенопоглощающего материала.

Открытое окно 16 диска 9 предназначено для обеспечения беспрепятственного прохода рентгеновского потока излучателя 3 и необходимость его ориентации под поток возникает тогда, когда нужно осуществить контроль рабочих толщин сменных образцов 14, установленных во втором диске 11, и тем самым получить экспериментальную зависимость выходного сигнала толщиномера от рабочих толщин сменных образцов 14.

Экран 18, закрываемый окно 17 диска 9, предназначен для перекрытия рентгеновского потока излучателя 3 не выключая толщиномера от электрической сети в целях рентгенобезопасности персонала в ситуации, когда необходимо выполнять наладчику или оператору настройку параметров приемника 4 излучения. Эта процедура осуществляется при открытой крышке бокса 1 (на рис. не показана), расположенной на верхней стенке бокса, т.е. вблизи приемника 4. Для смены излучателя 3 и приемника 4 толщиномера в боксе предусмотрена дверца.

Выход приемника 4 излучения подключен к входу схемы 5 обработки информации. Выход схемы 5 соединен с первым входом устройства 6 управления, один выход которого связан через устройство 7 запоминания с входом устройства 8 регистрации, а другой двухканальный выход – с входами приводов 10 и 12 вращения дисков 9 и 11. Второй вход устройства 6 подключен к выходу устройства 7. Устройство 6 управления предназначено для управления вращением дисков. Образцы 13, 14 и 15 выполнены в виде

пластин размером 20 мм и представляют собой наборы пластин из различных материалов (сталь, медь, бронза, латунь, монетный сплав и др.). Чтобы настроить или прокалибровать толщиномер на больших толщинах оба диска 9 и 11 ориентируют под рентгеновский поток посредством приводов 10 и 12 дисков 9, 11 с соответствующими образцами заданных эталонов и материалов, причем сумма толщин которых будет представлять собой величину, входящую в заданный диапазон контроля. Значение радиуса  $r$  выбирают в пределах  $0,2R < r < 0,8R$ , где  $R$  – радиусы дисков 9 и 11.

Испытуемый толщиномер подключают к электрической сети, загружают программу поверки на образцах соответствующих материалов и толщин, устройством 6 управления через привод 10 устанавливают диск 9 под рентгеновский поток образцом заданных эталонной толщины и материала, которые заданы программой и отображаются на экране, и осуществляют калибровку толщиномера последовательно по всем эталонным толщинам набора в соответствии с программой. Полученная информация в виде зависимости выходного электрического сигнала толщиномера запоминается в устройстве 7. Далее процедура повторяется на образцах другого материала. Настройка параметров приемника 4 излучения осуществляется при открытой крышке и во включенном состоянии толщиномера. Для этого диск 9 ориентируют под рентгеновский поток экраном 18. На рис.2 показан результат калибровки рентгеновского толщиномера посредством поверочного устройства, приращение толщины происходит в геометрической прогрессии.

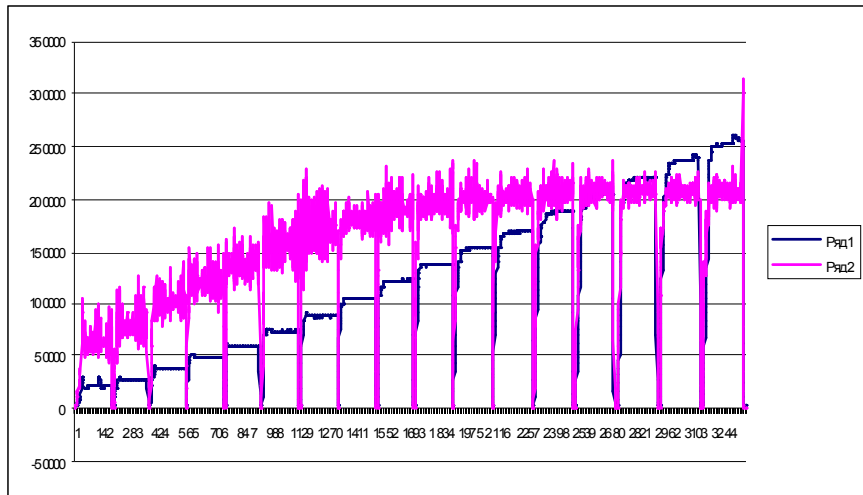


Рис.2 Относительная неопределенность измерения для различных толщин контролируемого объекта (мкм) Cu сплав М1 (ряд 2) и анодных напряжений источника излучения кВ (ряд 1)

Анодное напряжение переключается шагами в динамическом режиме после набора заданного числа измерений. Подобный подход позволил получить высокую повторяемость результатов измерений и упростить процедуру калибровки толщиномеров, сведя ее к корректировке передаточной функции рентгеновского толщиномера. Внешний вид одного из дисков с калибровочными образцами представлен на рис.3.).



Рис.3 Диск (титан) с медными калибровочными образцами.

**Список литературы:** 1. Клюев В.В. «Не разрушающий контроль» 1 том, изд. «Машиностроение» 2008г. 2. Патент №2312306, БИ№,20.05.2007 Рентгеновский способ определения параметров изделия. Артемьев В.В., Маслов А.И., Созонтов А.А., Запускалов В.Г., Ролик В.А., Евилин Г.В. 3. Патент №2297595, БИ№,20.04.2007 Рентгеновское устройство контроля толщины и химического состава материала проката. Маслов А.И., Созонтов А.А., Лукьяненко Э.А., Запускалов В.Г. 4. Артемьев В.В. «Рентгеновская толщинометрия металлов» Изд. Машиностроение 2002г.