

вибрирующих заводов и других вещей, но также и вследствие низкого качества сырья, прежде всего окиси железа.

Список информационных источников

1. Журавлев Г.И. Химия и технология ферритов. Л.: Химия, 2008.
2. Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.И. Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов. М.:Металлургия, 2009, 471с.
3. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука 2009.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Тянь Юнь

Томский политехнический университет

Научный руководитель: Якимов Е.В., к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества

Легкосплавные бурильные трубы изготавливают в соответствии со стандартом ГОСТ 23786-79 [1]. На рисунке 1 показаны чертежи труб с внутренними концевыми утолщениями, изготавливаемых без резьбы и с резьбой.

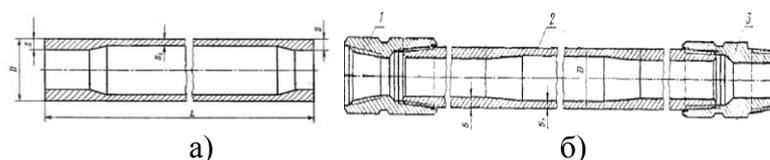


Рисунок 1 – Трубы с внутренними концевыми утолщениями, без резьбы (а), с внутренними концевыми утолщениями с нарезанной правой резьбой и навинченными стальными замками (б)

Толщина стенки основного сечения S_1 труб с внутренними концевыми утолщениями может варьироваться от 7,5 до 9 мм. Предельные отклонения по толщине стенки для труб повышенной точности $\pm 0,4$ мм, для труб нормальной точности от $\pm 0,7$ мм до $\pm 0,8$ мм.

Толщина стенки основного сечения S_1 труб с внутренними концевыми утолщениями с нарезанной правой резьбой и навинченными стальными замками может варьироваться от 9 до 17 мм. Предельные отклонения по толщине стенки для труб нормальной

точности от $\pm 0,9$ мм до $\pm 1,7$, для труб повышенной точности от $\pm 0,4$ мм до $\pm 0,5$ мм.

Толщина стенки основного сечения S_1 труб с внутренними концевыми утолщениями и протекторным утолщением может варьироваться от 10 до 13 мм. Предельные отклонения по толщине стенки для труб нормальной точности от ± 1 мм до $\pm 1,3$, для труб повышенной точности $\pm 0,5$ мм.

В зависимости от принципа работы методы контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб делятся на вихретоковые, акустические, магнитные, радиационные и визуально-оптические.

Вихретоковый метод

Вихретоковый метод контроля основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля (ОК) этим полем. В качестве источника электромагнитного поля чаще всего используется индуктивная катушка (одна или несколько), называемая вихретоковым преобразователем (ВТП). Синусоидальный (или импульсный) ток, действующий в катушках ВТП, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электромагнитном объекте [2].

Вихретоковый толщиномер ВТ-15.01 (Рисунок 2), разработанный в Институте неразрушающего контроля ТПУ [3], является рабочим средством контроля в ручном режиме толщины стенки легкосплавных бурильных труб (ЛБТ) типа ТБ и ТБП, изготавливаемых в соответствии со стандартом ГОСТ 23786-79 из алюминиевого сплава Д16.



Рисунок 2 – Вихретоковый толщиномер ВТ-15.01

Акустический метод

Ультразвуковые методы пригодны для измерения толщины металлических и неметаллических материалов, имеют хорошую направленность, обеспечивают высокую скорость и точность.

По физическим принципам, используемым для измерения толщины, акустические толщиномеры делят на эхоимпульсные и резонансные. Принцип ультразвуковой толщинометрии импульсными приборами основан на измерении времени прохождения ультразвукового импульса в изделии или в слое и умножении измеренного времени на коэффициент, учитывающий скорость звука в материале изделия. В резонансных приборах для измерения толщины используется локальный резонансный метод или локальный метод свободных колебаний, а также интерференционные явления, возникающие при распространении акустических волн в изделии [4].



Рисунок 1 – Ультразвуковой толщиномер А1209

Таблица 1 – Технические характеристики акустических толщиномеров

Модель	Цена, USD	Габариты, мм	Погрешность измерений	Диапазон измеряемых толщин, мм
Производство: Time Group Inc. (Китай)				
Толщиномер ультразвуковой ТТ130	298	126 x 68 x 23	± (1% + 0,1)	1,2-225
Ультразвуковой толщиномер ТТ340	1480	211 x 125 x 46	± (1% + 0,1)	1,2-225
Производство: Мегеон (Россия)				
Ультразвуковой толщиномер Мегеон 19100	188	146 x 72 x 29	± (1% + 0,1)	1-225
Ультразвуковой толщиномер Мегеон 19130	293	146 x 72 x 29	± (1% + 0,1)	1-300
Производство: Olympus NDT (США)				
Толщиномер ультразвуковой 27MG	450	84,0 x 152,4 x 39,6	±1%	0,50-635
Ультразвуковой толщиномер 38DL Plus	6277	211 x 125 x 46	±1%	1-254

Магнитный метод

Магнитные методы основаны на взаимодействии магнитного поля с контролируемым объектом. Контролируемый объект помещается в магнитное поле с меньшей магнитной проницаемостью, часть магнитных силовых линий выходит на поверхность объекта, образуя вокруг этого дефекта поля рассеяния.

Магнитный принцип индукции является использование зонда через неферромагнитным потока оболочки течет в размере железа подложки для определения толщины покрытия, облицовкаю. толщиной, измеренной посредством меньшего, то лечиться по толщине. Существенно зависит от способа намагничивания контролируемого изделия. С целью получения максимальной чувствительности и разрешающей способности магнитного метода неразрушающего

контроля применяются различные виды намагничивания материалов [5].

Таблица 2 – Технические характеристики магнитных толщиномеров

Модель	Цена, USD	Габариты, мм	Погрешность измерений	Диапазон измеряемых толщин, мм
Производство: Olympus (США)				
Olympus NDT Magna Mike 8600	5227	236 x 167 x 70	± (1%N + 0.1)	0.001-25.4
Olympus NDT Magna Mike 8500	5238	238 x 138 x 38	± (1%N + 0.1)	0.001-0.79

Радиационный метод

Радиационные методы контроля основаны на регистрации и анализе ионизирующего излучения при его взаимодействии с контролируемым изделием [6].

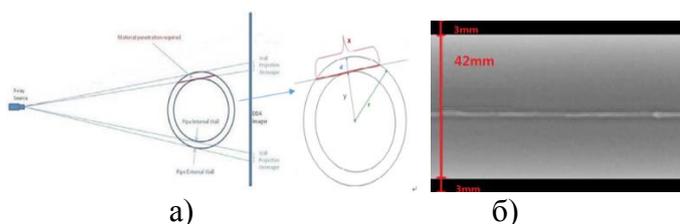


Рисунок 2 – Принцип измерения толщины радиационным методом (а) и рентгеновская фотография трубы (б)

$$x = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot r \cdot y - y^2}; y = r - d,$$

где x – длина пробития; r - внешний радиус трубы; d – толщина стенки

$$M = \frac{a+b}{a},$$

где M – увеличение; a - расстояние от источника до объекта; b - расстояние от объекта до детектора.

Визуально-оптический метод

Основные преимущества визуально-оптического контроля – простота контроля, несложное оборудование, сравнительно малая трудоёмкость. Однако данный вид контроля толщины стенки можно использовать только на концах трубы [7].

Таблица 3 – Микрометры для измерения толщин труб

Модель	Цена, USD	Габариты, мм	Погрешность измерений, мкм	Диапазон измеряемых толщин, мм
Производство: VOGEL (Германия)				
Микрометры МКЦ Vogel цифровые IP65 с быстрой подачей 232130	460	24x6.5x2.5	2	0-25
Микрометры МТЦ Vogel цифровые для измерения тормозных дисков 232813	576	24x6.5x2.5	5	0-25
Производство: Крин (Россия)				
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-25	87	25x6.5x2.5	-(дел. 1 мкм)	0-25
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-100	87	25x6.5x2.5	-(дел. 1 мкм)	75-100
Производство: SHAN (Китай)				
Микрометр МКЦ 0-25	106	183 x86x32	-(дел. 1 мкм)	0-25
Микрометр МКЦ 25-50	125	183 x86x32	-(дел. 1 мкм)	25-50



Рисунок 4 – Микрометр цифровой для измерения толщин труб

Список информационных источников

- 1.ГОСТ 23786-79. Трубы бурильные из алюминиевых сплавов. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 22 с.
- 2.Дмитриев А.Ю.Основы технологии бурения скважин: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 216 с.
- 3.Вихретоковый толщиномер ВТ-15.01. Руководство по эксплуатации. – Томск, Томский политехнический университет, 2014
- 4.Ермолов И. Н., Ланге Ю. В. Ультразвуковой контроль. – В кн.: Неразрушающий контроль /Справочник// Под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 3.– М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.
- 5.Конструирование СВЧ-устройств и экранов / А. М. Чернушенко, Н. Е. Меланченко, Л. Г.Мало- рацкий, Б. В. Петров; Под ред. А. М. Чернушенко. М.: Радио и связь, 1983. 400 с.
- 6.Электронный.ресурс URL :<http://www.lcndt.net/news/630.html>
- 7.Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб.пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.