

ВИХРЕТОКОВЫЙ ТОЛЩИНОМЕР ДЛЯ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ: ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Струговцов Д.В.

*Томский политехнический университет, г. Томск,
Научный руководитель Алхимов Ю.В., к. т. н, директор ООО
НПК«Интроскопия»*

С каждым годом на объектах нефтяной и газовой промышленности случается все больше и больше аварий, которые влекут за собой человеческие жертвы, наносят вред окружающей среде, приводят к финансовым потерям и простоям.

Причинами возникновения таких ситуаций могут стать:

- неквалифицированный персонал;
- оборудование низкого качества;
- несоблюдение эксплуатационных параметров;
- заводской брак.

В нефтяной и газовой промышленности оборудование для бурения скважин подвергается колоссальным нагрузкам. В результате действия постоянных знакопеременных нагрузок, агрессивных сред, механических повреждений, заводского брака в буровом оборудовании и инструменте могут возникать недопустимые дефекты различных форм и разновидностей.

Возникает проблема, связанная с организацией и проведением неразрушающего контроля качества бурового оборудования и инструмента. В частности речь в данной статье пойдет о контроле качества легкосплавных или алюминиевых бурильных труб (далее ЛБТ, АБТ).

ЛБТ используются в компоновке буровой колонны и применяются при сверхглубоких, глубоких, наклонных и горизонтальных бурильных работах. АБТ изготавливают из сплава алюминия Д16Т способом прямого гидравлического горячего прессования, а также из АК4-1Т1 (термостойкий сплав) и 1953Т1 (высокопрочный коррозионно-стойкий). Выбор материала и метода изготовления обеспечивают трубе качества, которые оптимизируют буровые работы, при этом увеличивая износостойкость и эффективность всей колонны.

Преимущества ЛБТ:

–малый вес - масса стальной трубы в три раза больше алюминиевой трубы. При поступательных работах, подъеме/спуске инструмента уменьшается изнашиваемость всей буровой установки, а также меньший вес позволяет существенно увеличить частоту вращения и глубину бурения;

–предел прочности у алюминия в сравнении со сталью больше в 1,5-2 раза, модуль упругости в 3 раза ниже. Данные параметры позволяют при буровых работах на участках с перегибами положения ствола улучшить профиль скважины.

– в ЛБТ в 1,5 раза выше виброгасящие свойства, чем в стальной бурильной трубе;

–алюминиевые трубы обладают повышенной стойкостью к агрессивной среде, сплав неподвержен коррозии при буровых работах в морской воде, в среде с повышенным составом сероводорода, диоксида углерода.

–немагнитность алюминия равна дорогостоящему соединению никеля с медью или составу никель-кобальт-молибден.

На рисунке 1 приведены алюминиевые бурильные трубы сборной конструкции с концевыми утолщениями согласно ГОСТ 23786-79 «Трубы бурильные из алюминиевых сплавов»[1]:

а)ТБ – диаметрами 129 и 147 мм с внутренними концевыми утолщениями;

б)ТБН – диаметрами 131, 164, 168 мм с наружными концевыми утолщениями;

в)ТБУП – диаметрами 129, 147, 168 мм с протекторным утолщением в середине трубы;

г)ТБУ – диаметрами 146, 159, 180 мм с наружными концевыми утолщениями в середине трубы и спиральным ребрением;

д)АБТбзк – диаметром 127, 146, 164, 168 мм беззамкового типа с муфтовым и ниппельным соединениями из легкого сплава.[2]

Основным методом контроля остаточной толщины стенки таких труб является ультразвуковая толщинометрия. Однако данный метод позволяет оценить толщину стенки трубы только в нескольких сечениях (от 3 до 5 в зависимости от толщины стенки).

Для проведения полноценного контроля толщины стенки алюминиевой трубы можно применить вихретоковый метод контроля. Метод основан на регистрации вихревых токов в проводящих объектах.

Синусоидальный ток, протекающий по обмотке возбуждения, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в

электропроводящем объекте контроля. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на обмотки вихретокового преобразователя наводя в них ЭДС. Схема контроля приведена на рисунке 2

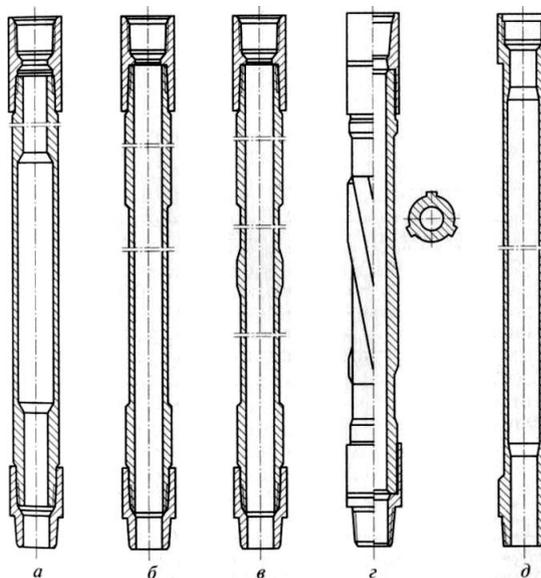


Рисунок 1 Виды ЛБТ

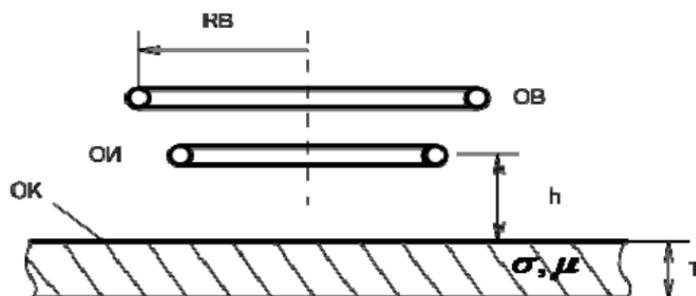


Рисунок 2 Накладной вихретоковый преобразователь над изделием

Вихретоковый преобразователь, представленный на рисунке 3, состоит из каркаса 1, на котором расположены измерительная, возбуждающая и компенсирующая обмотки. Преобразователь ВТП расположен в корпусе 2, обмотки преобразователя залиты эпоксидным компаундом. Крышка 3 закрывает нишу, в которой обмотки соединяются с кабелем.

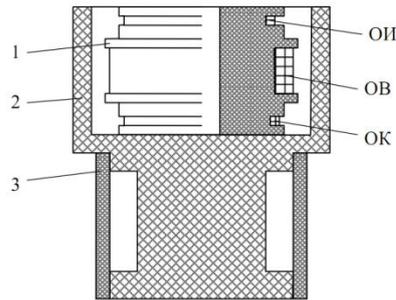


Рисунок 3 Упрощенная конструкция вихретокового преобразователя (ОИ – измерительная обмотка, ОВ – возбуждающая обмотка, ОК – компенсационная обмотка)

Толщиномер (рисунок 4) состоит из двухчастотного генератора Г, вихретокового преобразователя ВТП, схемы амплитудно-фазовой обработки сигналов САФОС, платы сбора данных ПСД, персонального компьютера ПК на базе ноутбука и блока питания БП. Двухчастотное выходное напряжение генератора частотой 125 и 2000 Гц поступает на возбуждающую обмотку вихретокового преобразователя ВТП. Начальное напряжение измерительной обмотки ВТП компенсируется, полученные вносимые напряжения U_1 и U_2 поступают на двухканальную схему амплитудно-фазовой обработки, опорный вход низкочастотного канала соединен с опорным резистором, а высокочастотного канала - с компенсирующей обмоткой. В САФОС амплитудно-фазовые детекторы формируют квадратурные составляющие выходных напряжений.

Выходные сигналы САФОС поступают на плату сбора данных, в качестве которой используется модуль USB3000- универсальный скоростной восьмиканальный АЦП. Модуль поддерживает пакет прикладного программного обеспечения LabView. [4]

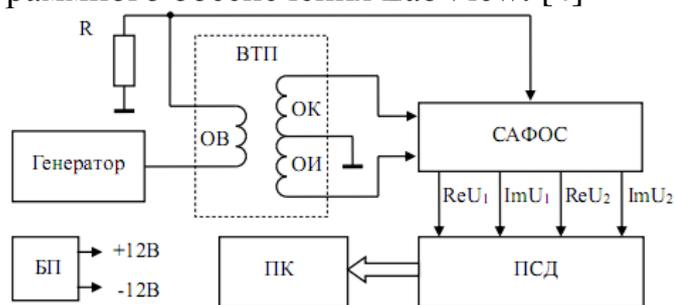


Рисунок 4 Структурная схема толщиномера ЛБТ

Для полноценного анализа толщины стенки откроем протокол в программе LabView. На рисунке 5 приведен пример полученных результатов измерения толщины стенки алюминиевой трубы. Белой линией обозначено пороговое значение, а желтой линией реальные

измеренные значения. При пересечении желтой линией белой срабатывает индикатор «Брак», который показывает, что на теле трубы имеется утонение стенки превышающий отбраковочный уровень.

Данный прибор опробован как в лабораторных условиях, так и полевых. Основные достоинства данного толщиномера в том, что он позволяет проводить измерения толщины стенки безконтактным способом, прост в обращении, позволяет контролировать всю длину трубы с большой скоростью, накапливает данные на протяжении всего пути измерения. Однако у прибора есть и некоторые недостатки: погрешность измерения выше, чем у ультразвукового толщиномера, не способность работать в отрицательных температурах, большие габариты датчика не позволяют измерять трубы малого диаметра.

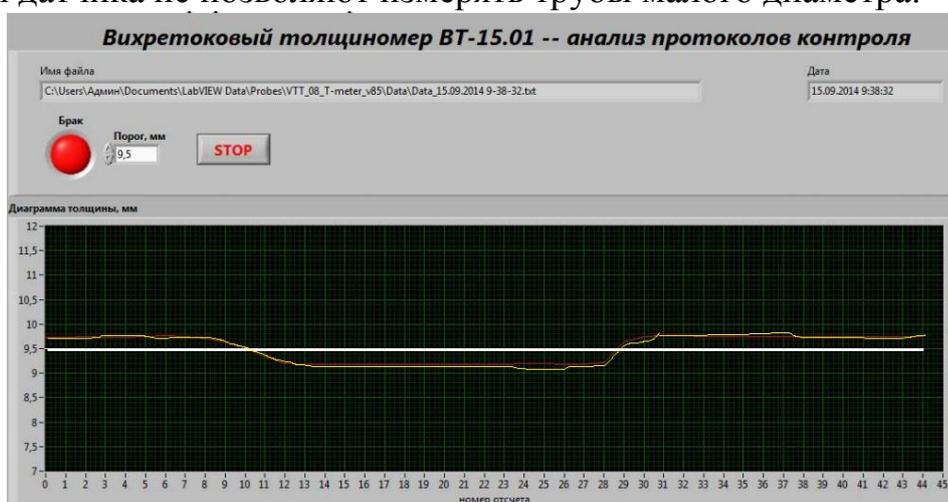


Рисунок 5 Пример результатов измерения толщины стенки трубы

В конце отметим основные технические характеристики вихретокового толщиномера:

- номинальный диаметр контролируемых ЛБТ: 147мм;
- диапазон измеряемых толщин стенок труб: от 6 до 15 мм;
- номинальный зазор между поверхностью трубы и вихретоковым преобразователем (ВТП): от 3 до 12 мм;
- основная абсолютная погрешность измерения толщины стенки труб при номинальном зазоре и отклонении электропроводности материала трубы от номинального значения не более чем на $\pm 10\%$:
 - в диапазоне от 6 до 9 мм не более ± 0.2 мм;
 - в диапазоне от 9 до 15 мм не более ± 0.5 мм;
- диапазон рабочих температур от 5 до 40°C;
- калибровка по эталонным образцам должна производиться при той же температуре, при которой производятся измерения [4].

Список информационных источников

- 1.ГОСТ 23786-79 «Трубы бурильные из алюминиевых сплавов»;
- 2.Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. «Бурение нефтяных и газовых скважин: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра –Бизнесцентр»,2002. – 632 с.;
- 3.Вадецкий Ю.В., Справочник бурильщика: учеб. пособие для нач. проф. Образования. –М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 416с.
- 4.Вихретоковый толщиномер ВТ-15.01. Руководство по эксплуатации

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АНАЛИЗ ЗА СЧЁТ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТИЗИРОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Твердохлебова Т.С., Лидер А.М., Салчак Я.А., Шаравина С.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Седнев Д.А., ассистент кафедры физико-энергетических установок

Безопасное производство и эксплуатация объектов различных областей промышленности обеспечивается высоким уровнем надежности ответственных конструкций данных объектов. В связи с этим требуется их эффективный контроль качества. В зависимости от типа изделия, предъявляются соответствующие требования к его качеству. Существует класс металлических изделий, имеющих сварные соединения. Так как сварка влияет на внутреннюю структуру металла, то в области получаемого соединения изделие будет подвержено возникновению нарушений больше всего. Поэтому состояние сварных швов ответственных конструкций контролируется в первую очередь. В целях сохранения целостности необходимо применять только неразрушающие методы контроля. В настоящее время, благодаря своей надёжности и точности, самым часто применяемым методом является радиографический контроль. Тем не менее, у него есть ряд недостатков – невысокая скорость экспертизы, угроза облучения персонала, необходимость тёмного помещения и дорогостоящих материалов, а также невозможность работы при температуре ниже, чем минус 30°С. В противовес данному методу сейчас развивается перспективный