

УДК 620.19

*А. С. Шлеенков, О. А. Булычев, С. А. Шлеенков*

Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург

*В. М. Сенив*

ГНО ООО «Когалым НПО-Сервис», г. Когалым

## УСТАНОВКА УМД-104М ДЛЯ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ И ТОЛЩИНОМЕТРИИ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ ПОВТОРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Рассмотрена оптимальная структурная схема и отличительные особенности новой автоматизированной установки для магнитной дефектоскопии бесшовных и электросварных насосно-компрессорных труб в процессе их производства и при восстановлении труб, бывших в эксплуатации. Показано, что применение современных нанотехнологий для изготовления однокристальных тонкопленочных матричных преобразователей высокого разрешения позволяет существенно увеличить функциональные возможности дефектоскопа и обеспечивает не только уверенное выявление всех недопустимых дефектов типа нарушений сплошности металла и износа стенки труб, а также смещений кромок сварного шва, но и более высокие показатели по надежности датчиков (отказы минимальные).*

Ключевые слова: *Насосно-компрессорные трубы, магнитный контроль, комбинированная система намагничивания, тонкопленочные матричные магнитные сенсоры.*

*A. S. Shleenkov, O. A. Bulychev, S. A. Shleenkov, V. M. Seniv*

## SYSTEM UMD-104M FOR MAGNETIC FLAW DETECTION AND MEASURING OF THICKNESS TUBING PIPES RE-USE

*An optimal structural scheme and distinguishing features of a new automated system for magnetic flow detection in seamless and electric-welded tubing pipes in the process of pipe production and used pipe recovery were described. It was demonstrated that the application of modern nanotechnology for the manufacturing of single-chip thin-film matrix high-resolution converters can significantly increase the functionality of an inspection unit and provides not only a effective detection of all unacceptable defects such as metal discontinuity and wear of pipe walls, as well as the displacement of the weld edges but also higher sensor reliability ratio (minimum failures).*

Keywords: *tubing pipes, magnetic inspection, combined magnetization system, thin-film matrix magnetic sensors.*

Одной из важнейших технологических операций по восстановлению насосно-компрессорных труб (НКТ), бывших в эксплуатации является неразрушающий контроль, по результатам которого и определяется дальнейшая судьба труб повторного применения. От эффективности средства НК и достоверности его показаний зависит надежность и безопасность работы всей нефтедобывающей установки, поэтому выбор оптимальных методов и средств НК является весьма актуальной задачей.

Из известных стационарных магнитных дефектоскопов для магнитной дефектоскопии НКТ на трубных базах чаще всего используются дорогостоящие установки «Vetcoscope C» фирмы «TurboscopeVetco». В принципе эти установки решают все основные задачи контроля, однако из-за применения в них магниточувствительных элементов (МЭ) типа индукционных датчиков эти системы имеют недостаточно высокую надежность. Дело в том, что для обеспечения достаточной чувствительности контроля индукционные датчики приходится располагать на расстоянии 0,5 мм от поверхности трубы. Поэтому они быстро выходят из строя в результате соприкосновения с выбоинами и вмятинами, которые всегда имеются на трубах в виде следов от рабочего инструмента (ключей, спайдеров и т. д.).

Все эти недостатки устранены в установке магнитной дефектоскопии УМД-104, которая создана в результате совместной разработки ИФМ УрО РАН и ООО «СТАЛЛ» г. Пермь[1]. Для выявления различно ориентированных дефектов (продольных, поперечных и косых – наклонных к образующей трещин, рисок, волосовин и т.д.) в ней используется классический магнитный метод с комбинированным намагничиванием трубы и преобразованием магнитных полей рассеяния дефектов в электрические импульсы, управляющие автоматической разбраковкой труб. Внешний вид установки УМД-104М показан на рис. 1.

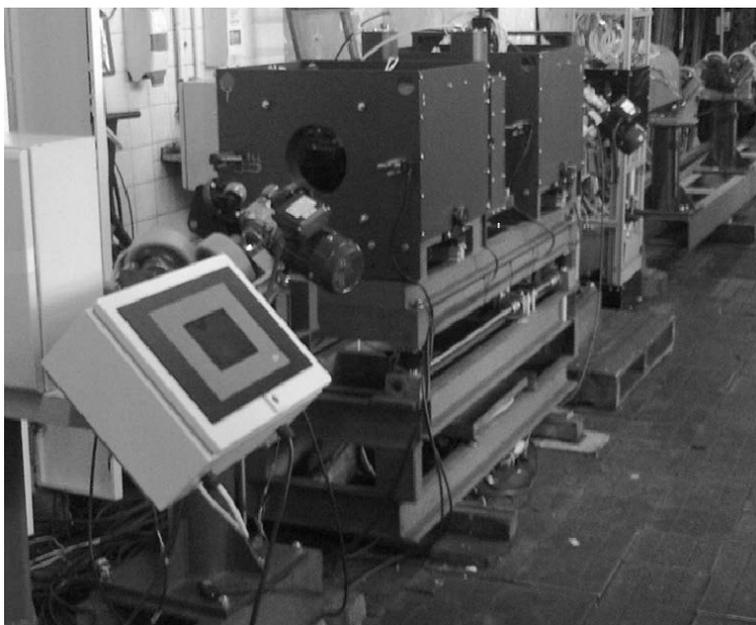


Рис.1. Внешний вид установки УМД-104М

Установка представляет собой перепрограммируемый магнитный дефектоскоп, в котором реализованы функции измерения и визуализации магнитных полей дефектов и оптимальной обработки сигнала на фоне магнитных шумов. В ее основе – однокристалльные тонкопленочные матричные преобразователи (МП), изготовленные с применением современных нанотехнологий. В качестве магниточувствительных элементов (МЭ) в установке использованы преобразователи на эффекте анизотропии магнетосопротивления в ферромагнитной пленке (анизотропные магниторезистивные датчики АМРД), в которых реализован предложенный в Институте новый принцип измерения напряженности магнитного поля. Синтез МП с применением современных интегральных технологий позволяет выпускать их в больших количествах, в результате чего есть возможность организовать НК электросварных и горячекатаных труб по всему объему.

Конструкция установки позволяет проводить полностью автоматизированный технологический контроль НКТ на наличие дефектов типа нарушений сплошности (различно ориентированных трещин, неметаллических включений, коррозионных точечных повреждений поверхности, каверн, язв, питтингов, рисок, закатов, вмятин, износа стенки труб, следов от инструмента, пороков металлургического происхождения и т. д.),

выводящих толщину стенки трубы за пределы, предусмотренные промышленными нормами ГОСТ 633-80, ГОСТ Р 52203-2004, ГОСТ Р 53366–2009 (ИСО 11960:2004), API 5L, API 5CT, DIN 476 и др. При этом обеспечивается беспрепятственный пропуск муфт, навинченных на концах трубы, а также их высаженных концов, которые НК не подвергаются (НК проводится при вращательно-поступательном движении труб).

Отличительные особенности дефектоскопа УМД-104М:

- возможность контроля горячекатаных и электросварных труб нефтяного сортамента в процессе их изготовления и при восстановлении НКТ, бывших в эксплуатации;

- возможность контроля труб по всему периметру (и всей толщине стеки);

- возможность выявления сплошных и/или несплошных протиров стенки НКТ глубиной более 10 % от толщины стенки трубы и разделение НКТ по классам в зависимости от степени износа согласно техническим требованиям на разбраковку;

- возможность раздельного выявления продольных, поперечных или косорасположенных дефектов в соответствии с требованиями стандартов;

- благодаря высокой чувствительности тонкопленочных матричных преобразователей, изготавливаемых с помощью современных нанотехнологий, НК ведется с рабочим зазором (3÷7) мм, что существенно повышает их надежность по сравнению с известными магнитными дефектоскопами где зазор составляет 0,5 мм;

- контроль проводится полностью в автоматическом режиме с представлением информации на экране монитора промышленной станции типа AdvantechSYS;

Конструкция МП, их геометрические размеры и количество МЭ видоизменялись в зависимости от задачи контроля. Синтезированные МП различаются не только конструкцией, количеством МЭ, их геометрическими параметрами, но и функциональным назначением. В модернизированном

дефектоскопе УМД-104М применяются МП двух типов и две магнитные системы. Первый тип – МП для измерения тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля (используется для выявления продольно ориентированных дефектов и измерения степени износа стенки трубы), второй – МП для измерения нормальной составляющей (применяется для выявления поперечных или косорасположенных дефектов, а также объемных дефектов типа каверн, язв, питтингов и т.д.) выполнен на сапфировой подложке.

Поскольку МЭ изготовлены по интегральной технологии, их размеры достаточно миниатюрны (~100 мкм), благодаря чему удается выявлять тонкие поверхностные и внутренние дефекты высотой более 5 % от толщины стенки, а также объемные дефекты в теле трубы, сравнимые со сверлением диаметром 0,79 мм (1,6 мм при шероховатой поверхности). В промышленных условиях с помощью АМРД была достигнута максимальная чувствительность – выявлена продольная трещина глубиной 180, шириной 1–8 мкм.

С целью повышения надежности первичные преобразователи размещены в специальных кассетах, обеспечивающих равномерность зазора датчик – труба и защиту МЭ от механических повреждений, попадания грязи, влаги и т. д.

Установка состоит из следующих основных частей:

- механической системы для транспортировки труб в зону НК и ограниченно годных труб по технологической цепочке;
- двух механических частей с намагничивающими устройствами и устройствами доставки первичных преобразователей в зону контроля (измерительных позиций) с пневмосистемами;
- электронной системы установки УМД-104М, кассет с магниточувствительными датчиками, блоками коммутации и автоматики (системы обработки результатов магнитной дефектоскопии);
- блока дефектоотметчика с 4-х цветным дефектоотметчиком;
- электрического шкафа управления, обеспечивающего работу подвижных частей измерительной позиции;
- размагничивающего устройства.

Система обработки результатов магнитной дефектоскопии установки УМД-104М состоит из 2-х измерительных кассет с первичными преобразователями, компьютерной системы, блоков коммутации и автоматики с соединительными кабелями, а также блока питания датчиков, блока дефектоотметчика с дефектоотметчиком. Каждая кассета содержит от 12 до 20 пазов, в которых размещаются магниточувствительные датчики. Датчики укладываются последовательно в пазы кассеты. Это позволяет обеспечить полное перекрытие датчиками зоны контроля, которая инспектируется кассетой.

Оптимальный рабочий зазор между днищем кассеты и поверхностью контролируемой трубы составляет  $(2\div 3)$  мм для первой измерительной позиции (для выявления продольных дефектов) и  $(3\div 7)$  мм для второй измерительной позиции.

Кроме этого, разработано необходимое программное обеспечение, которое позволяет выполнять следующие функции:

- цифровую запись отображения дефектов (в том числе топографии их магнитного поля) контролируемой поверхности;
- компьютерную обработку отображений (определение характеристик дефектов и их местоположения);
- получение информации о типе дефектов и их геометрических параметрах;
- формирование массивов данных выявленных дефектов;
- архивирование полученных массивов данных;
- управление системой магнитного контроля при ее настройках.

Неразрушающий контроль проводится в полностью автоматизированном режиме при вращательно-поступательном движении трубы. Работой установки НК в целом управляет центральный промышленный компьютер, который ведет обработку поступающей с первичных преобразователей информации, осуществляет калибровку МЭ с целью достижения их одинаковой чувствительности, а также визуализацию результатов контроля на цветном

мониторе с последующей передачей их на центральный промышленный компьютер.

Опыт промышленной эксплуатации установки УМД-104М в условиях трубных баз показал, что ее технические и метрологические характеристики соответствуют требованиям нормативно-технической документации (стандартов ASTM E570-91, ГОСТ 833-80, и API 5СТ и др). По сравнению с установкой «Vetoscope C» она имеет более широкий спектр функциональных возможностей и более высокие показатели по надежности датчиков (отказы минимальные).

Работа выполнена по теме «Диагностика».

#### *Список литературы*

1. Установка УМД-104М для контроля насосно-компрессорных труб повторного применения / А. С. Шлеенков, О. А. Булычев., С. А. Шлеенков, В. М. Сенив, Л. А. Полежаев // Дефектоскопия. – № 11. –2015. – С. 3–13.