

## АНАЛИЗ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТРУБЧАТЫХ КАНАЛОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В энергетическом и транспортном машиностроении, приборостроении, авиационной и космической технике существует много объектов, имеющих внутренние трубчатые поверхности, которые требуют в процессе производства и эксплуатации систематического контроля. Аналогичные задачи встречаются в медицинской практике, когда возникает необходимость в осмотре внутренних органов человека при установлении диагноза и проверке эффективности лечения. Задачи диагностики и контроля качества трубчатых каналов (особенно малого диаметра) в настоящее время очень актуальны.

Целью работы, проводимой в рамках международного сотрудничества между Белорусским национальным техническим университетом и Техническим университетом Ильменау (Германия) (тема № Т01МС-010 финансируется Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований) является обеспечение возможности исследования и обработки протяженных и извилистых полостей и трубчатых каналов малого диаметра. Это достигается путем создания гаммы малогабаритных самодвижущихся устройств, измерительных систем и микроинструментов, предназначенных для контроля, инспекции и реканализации.

Для решения таких задач традиционно применяют смотровые приборы (эндоскопы) с оптической системой типа микроскоп, построенные на базе волоконной и линзовой оптики.

В связи с тем, что диагностике подвергаются каналы малого диаметра но большой длины, возникает необходимость создания специальных устройств доставки систем диагностики в необходимую зону трубчатого элемента. В настоящее время широко ведутся работы по созданию инспекционных микророботов для проведения контроля внутренних поверхностей трубчатых каналов различного назначения, большой длины. Они способны доставлять в нужном направлении и к требуемому участку системы контроля качества и анализа поверхности, например эндоскопы или другие системы диагностики.

Современный инспекционный микроробот является универсальным прибором, обеспечивающим возможности визуальной диагностики и дефектоскопии внутри закрытого пространства на значительной глубине.

В настоящее время выпускаются четыре основные группы инспекционного оборудования (рис.1).

1. Эндоскопы, позволяющие осуществлять визуальное наблюдение и органолептический контроль через оптическую систему.

2. Видеоэндоскопы, обеспечивающие просмотр эндоскопического изображения на видеомониторе, с возможностью записи и воспроизведения изображения.

3. Микророботы с блоками цифровой обработки информации, предназначенные для инспекционного контроля и преобразования информации.

4. Эндоскопические манипуляторы, позволяющие производить ряд технологических операций, например, разрушать инородные наслоения на стенках каналов.

Инспекционное оборудование производят как с гибкой, так и с жесткой рабочей частью.

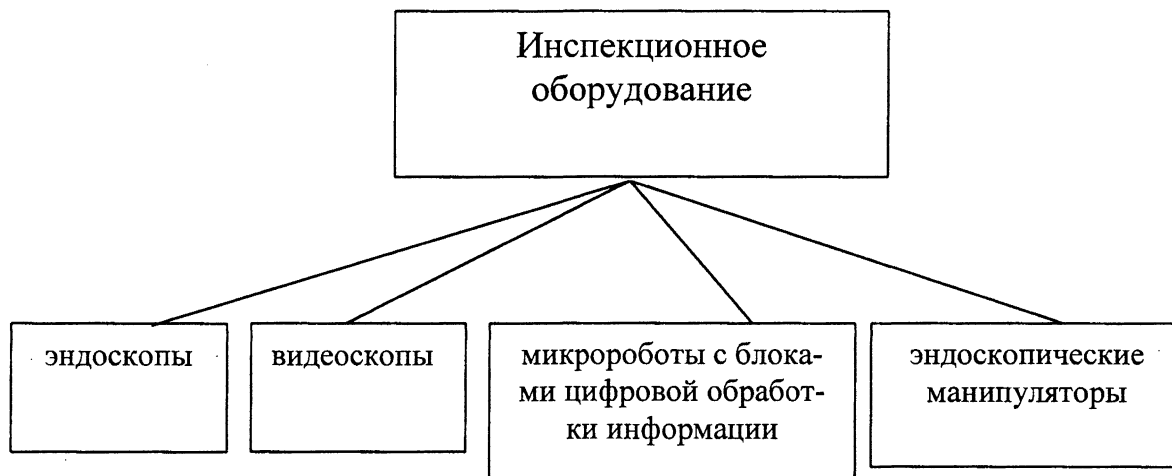


Рис. 1 Основные группы инспекционного оборудования

Основное различие в характеристиках жестких и гибких эндоскопов заключается в методе формирования и передачи изображения. В жестких эндоскопах (бороскопах) используется система из твердотельных линз с многослойным просветлением, в то время как в гибких эндоскопах для передачи изображения применяется либо жгут стекловолокон с так называемой «регулярной» укладкой (у фиброскопов) либо микро-видеокамера, встроенная в дистальную часть (видеоскопы). Длины фиброскопов лежат в диапазоне от 80 см. до 3 м., наружные диаметры - от 0,64 мм до 11 мм, Жесткие бороскопы выпускаются с длинами рабочих частей от 90 мм до 1440 мм. и наружными диаметрами от 1,2 мм до 16 мм.

Описанные в технической литературе устройства для контроля и обработки внутренних поверхностей извилистых трубопроводов и закрытых каналов промышленных устройств имеют повышенный уровень сложности и высокую стоимость.

Известны специальные системы, предназначенные для обнаружения и управляемого устранения окклюзий и отложений в кровеносных сосудах и внутренних органах человека, которые отличаются сравнительно большими габаритами и наличием побочных эффектов, приводящих к отрицательным воздействиям на организм человека. Основными задачами на современном этапе являются создание малогабаритных и безопасных устройств, для чего необходимо использование новых принципов движения.

Научная идея проекта заключается в использовании биологических прототипов для разработки малогабаритных самодвижущихся роботов (микророботов), измерительных систем и технологических микроинструментов позволяет создавать малогабаритные и безопасные для исследуемых объектов устройства, использующие новые принципы движения. Биологические прототипы отличаются низким энергопотреблением и высокой приспособляемостью к форме и размерам инспектируемых объектов.

В результате выполнения проекта будут созданы новые методы контроля извилистых трубчатых каналов малого диаметра, специальные измерительные устройства и технологические микроинструменты, действующие модели микророботов для транспортирования инспекционных и измерительных устройств и технологических инструментов. Научная значимость результатов работы состоит в разработке теоретических основ самодвижущихся микророботов и создание на этой базе новых транспортных систем, работающих в жестко лимитированных условиях (малые размеры сечений, значительная протяженность и непрямолинейность каналов, повышенная повреждаемость стенок каналов).

Полученные результаты могут найти применение при создании новых транспортных систем на базе биологических прототипов, применяемых в медицине, строительстве и эксплуатации трубопроводов.

УДК 620.179

С.В. Болотов

## НОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ДУГОВОЙ СВАРКОЙ

*Могилёвский государственный технический университет  
Могилёв, Беларусь*

Дуговая сварка получила широкое распространение в машиностроении.

Непровар является одним из наиболее распространённых дефектов сварных швов. Он снижает прочность в зоне сплавления и может быть причиной разрушения соединения в процессе эксплуатации.

Прожег - сквозное проплавление свариваемых элементов конструкций. Он может быть вызван чрезмерным зазором между стыкуемыми кромками или завышенной тепловой мощностью.

Между непроваром и прожегом расположено нормальное проплавление, границы которого оговариваются техническими условиями, правилами, нормами и инструкциями на изготовление изделий.

Глубину проплавления сварных соединений контролируют следующими методами: радиационным, ультразвуковым, тепловым /1/.

Среди магнитных методов контроля глубины проплавления известен магнитографический /2/. Однако его чувствительность не высока.

Предлагается способ регистрации теплового поля от сварочной дуги по характеру распределения в изделии магнитного поля. Для этого сварка производится в намагниченном состоянии. Тепловое поле, взаимодействуя с магнитным, изменяет его первоначальное состояние. Проводя измерения остаточной намагниченности в зоне сварного соединения после сварки, можно определить температуру нагрева изделия в различных точках в процессе сварки. Новый метод контроля получил название магнитно-теплого /3/.

Исследования предлагаемого метода контроля проводили расчётным и экспериментальным путём.

Для проведения экспериментальных исследований использовались образцы из стали Ст.3 толщиной 3,4,6 мм и размерами 100×100, 100×200 мм. Изделия изготавливали для сварки в стык и в тавр. Прихватку и сварку производили полуавтоматом в среде углекислого газа. Намагничивание прихваченных образцов осуществляли с помощью П-образного электромагнита. Измерение остаточной индукции производили специально разработанным магнитометром с помощью устройства для перемещения датчика Холла по поверхности изделия.

Исследования показали, что в зоне, непосредственно прилегающей к сварному шву, тангенциальная составляющая остаточной индукции близка к нулю, затем происходит её плавный рост (рис.1). Причём величина зоны размагничивания зависит от режимов сварки и может использоваться в качестве информативного параметра при оценке качества соединения.