



Технологии НК

# О повышении производительности вихретокового контроля

## Performance Improvement in Eddy Current Inspection

S. M. Petushkov

Methods of performance improvement in eddy current inspection due to the use of multiunit probes is discussed. Efficient eddy current flaw detector VD-516C for inspection of steel tubes is described.

Высокая производительность всегда считалась преимуществом вихретокового контроля по сравнению с другими видами НК. Однако в последнее время возникает все больше задач с такими высокими требованиями по производительности, которым традиционные вихретоковые средства контроля уже не удовлетворяют.

Например, при эксплуатационном контроле труб магистральных газопроводов во время переизоляции (скорость переизоляции до 500 м в сутки) необходимо контролировать ежедневно поверхность труб площадью до 2200 м<sup>2</sup>. Второй пример: вихретоковый контроль труб в технологической линии на металлургическом производстве с использованием накладных преобразователей. В этом случае необходимо обеспечивать производительность контроля до 6 – 10 м/мин.

Следует отметить, что пути повышения производительности контроля будут рассматриваться только применительно к накладным вихретоковым преобразователям. При использовании проходных преобразователей единственный способ увеличения производительности контроля – это увеличение скорости взаимного перемещения преобразователя и объекта контроля. В существующих вихретоковых установках возможности по увеличению этого параметра практически исчерпаны.

Для накладных преобразователей существует другой путь – расширение зоны контроля. Простое увеличение размеров обмотки преобразователя рассматриваться не будет, так как этот вариант бесперспективен из-за потери чувствительности к локальным дефектам и снижения помехоустойчивости преобразователя.

Существует два реальных способа увеличения ширины зоны контроля без потери локальности преобразователя.

Первый – это использование вращающегося преобразователя, который схематично изображен на рис. 1а. Локальный чувствительный элемент вращается с высокой скоростью в плоскости, параллельной контролируемой поверхности с одновременным перемещением всего блока преобразователя вдоль поверхности объекта контроля. В этом случае ширина зоны контроля определяется диаметром траектории вращения вихретоковых катушек. Такой принцип был использован в 1980-х гг. в НПО ЦНИИТМАШ группой специалистов под руководством Б. В. Гончарова, которые

разработали вихретоковый дефектоскоп ВД-76НЦ для контроля труб (диаметром 270 мм и более) и их гибов. В этом приборе был использован вращающийся преобразователь, обеспечивающий ширину зоны контроля 25 мм, причем эта зона, по утверждению авторов, может быть увеличена до 150 мм. Все вращающиеся элементы преобразователя находятся внутри защитной оболочки.

Преимущество такого подхода в том, что преобразователь является одноэлементным и, следовательно, для обработки сигналов может быть использован одноканальный дефектоскоп. Кроме того, постоянное вращение вихретоковых катушек дает возможность использовать в дефектоскопе модуляционный метод обработки сигналов, что существенно

### Об авторе



**Петушков Сергей Михайлович**

Заведующий лабораторией электромагнитной дефектоскопии ФГУП «ЦНИИТМАШ», г. Москва, к. т. н., III уровень по вихретоковому виду НК.

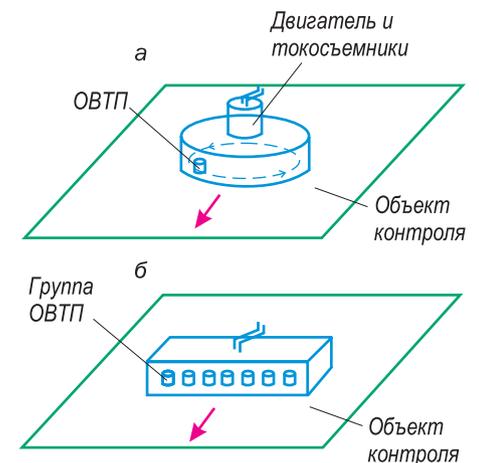


Рис. 1. Схематичное изображение высокопроизводительных накладных преобразователей: а – вращающийся; б – многоэлементный; ОВТП – одноэлементный вихретоковый преобразователь

повышает помехоустойчивость контроля. Недостатками вращающегося преобразователя являются:

- сложность конструкции, использование дополнительных элементов (электродвигатель, токосъемники и др.), что приводит к снижению надежности и увеличению размеров преобразователя;

ющий особым требованиям к аппаратной части и к программному обеспечению. Рассмотрим, как могут быть решены проблемы создания высокопроизводительных вихретоковых дефектоскопов на примере разработок ФГУП «ЦНИИТМАШ».

На рис. 2а изображен многоэлементный вихретоковый преобразователь ПНМ-14Д, разработанный для контроля труб с наружным диаметром

АЦП в дефектоскопе с  $N$ -элементным преобразователем должна быть соответственно в  $N$  раз выше, чем в приборе с одноэлементным преобразователем. Кроме того, производительность компьютера, на базе которого создается дефектоскоп, должна обеспечивать высокоскоростную обработку больших потоков данных, поступающих от многоэлементного преобразователя.



Рис. 2. Многоэлементные вихретоковые преобразователи для контроля: а – труб (ПНМ-14Д); б – прокатных валков (ПНМ-6А); в – сканер



- необходимость применения защитной оболочки между вращающимися вихретоковыми катушками и объектом контроля, что ведет к увеличению конструктивного зазора преобразователя и, следовательно, к снижению его чувствительности к дефектам;
- сложная результирующая траектория движения преобразователя, затрудняющая правильную интерпретацию данных;
- ограниченная скорость перемещения преобразователя из-за необходимости выдерживать определенное соотношение между скоростями вращения и перемещения (в частности, в дефектоскопе ВД-76НЦ допустимая скорость перемещения блока преобразователя составляет 150 мм/с).

Более перспективным способом повышения ширины зоны контроля является использование многоэлементного преобразователя (рис. 1б), который содержит группу независимых локальных чувствительных элементов (одноэлементных преобразователей). Количество этих элементов и способ их взаимного расположения выбираются с учетом условий задачи: порога чувствительности, ширины зоны контроля, возможностей аппаратуры и др. Для такого преобразователя характерно не только сочетание высокой производительности контроля с высокой чувствительностью к дефектам, но и возможность получения дополнительной информации об их протяженности, форме и ориентации.

Однако для реализации последнего подхода требуется не только специальный многоэлементный преобразователь, но и вихретоковый дефектоскоп, удовлетворя-

60 – 270 мм на ОАО «ТАГМЕТ». Конструктивно преобразователь выполнен в виде монолитного блока, защищенного металлическим корпусом, и содержит 14 независимых измерительных обмоток дифференциального типа, обеспечивающих зону контроля шириной 120 мм. Контролируемая труба движется по ролям поступательно-вращательно. При скорости движения объекта контроля относительно преобразователя 1 м/с труба диаметром 180 мм и длиной 12 м может быть проконтролирована за 1 мин. Следует отметить, что преобразователь оснащен специальной вихретоковой катушкой, позволяющей измерять зазор между его рабочей поверхностью и трубой. Контроль выполняется при зазоре от 1 до 4 мм.

Аналогичную конструкцию имеет многоэлементный преобразователь ПНМ-6А, предназначенный для контроля прокатных валков на ОАО «Северсталь» (рис. 2б). Он имеет 6 чувствительных элементов и зону контроля шириной 30 мм.

Среди многоэлементных преобразователей, разработанных во ФГУП «ЦНИИТМАШ», следует выделить вихретоковый сканер (рис. 2в), предназначенный для контроля труб магистральных газопроводов во время ремонта или переизоляции. Ширина зоны контроля составляет 300 мм. Сканер содержит 16 накладных преобразователей, каждый из которых имеет независимую пружинящую подвеску. Такая конструкция позволяет сохранять минимальный зазор между вихретоковыми катушками и контролируемой трубой при наличии неровности поверхности, изоляции и сварных швов. Допустимое значение зазора составляет 6 мм. Прижатие сканера к объекту контроля осуществляется с помощью магнитных колес.

Первое требование к аппаратуре, работающей с многоэлементными преобразователями – это многоканальность. Второе требование касается быстродействия прибора. При прочих равных условиях частота

Во ФГУП «ЦНИИТМАШ» разработан специальный высокопроизводительный вихретоковый дефектоскоп ВД-516Ц, предназначенный для работы с многоэлементными преобразователями. Прибор имеет 16 входных и 32 выходных канала; его быстродействие позволяет проводить контроль при скорости сканирования до 2 м/с. Дефектоскоп выпускается в двух модификациях ВД-516ЦТ и ВД-516ЦМ для стационарного и мобильного использования соответственно. Мобильный вариант реализован в виде компактного электронного блока, соединенного с ноутбуком через USB порт.

Программное обеспечение вихретоковых дефектоскопов, работающих с многоэлементными преобразователями, также должно удовлетворять специфическим требованиям. Сбор, обработка, отображение и запись данных должны быть организованы с учетом их многопараметровости, так как они представляют собой совокупность  $2N$  сигналов многоэлементного преобразователя. В частности, по каждому из каналов должны вводиться корректирующие коэффициенты, учитывающие различия по чувствительности отдельных элементов преобразователя, а для отображения сигналов необходимо применять специальные виды разверток, позволяющие оператору не только анализировать по отдельности сигнал каждого из каналов, но и наблюдать все сигналы в совокупности. Это дает возможность получать более полную информацию об обнаруженных дефектах, определять направления их развития, проводить разбраковку по протяженности дефектов.

В дефектоскопе ВД-516Ц установлен программный пакет КОМВИС ЛТ, обеспечивающий:

- отображение многопараметровых сигналов в различных видах (временная развертка,  $S$ -развертка, развертки «Комплексная плоскость» и столбчатая);
- автоматическую калибровку каждого канала;

- коррекцию чувствительности при изменении зазора между преобразователем и объектом контроля;
- возможность оценки глубины дефектов;
- автоматические запуск и остановку сбора данных;
- звуковую и визуальную сигнализацию о наличии дефектов, а также выдачу специального цифрового сигнала на дефектоотметчик;

– печать протокола результатов контроля, содержащего, в частности, дефектограмму и реестр дефектов.

На рис. 4 показан экран с C-разверткой, полученной при контроле участка трубы магистрального газопровода в СУ «Леноргэнергогаз». На развертке отчетливо виден сигнал от реальной стресс-коррозионной трещины.

не только труб и листов, но и изделий сложной формы, например вагонных колес.

Можно с уверенностью утверждать, что использование высокопроизводительных дефектоскопов с многоэлементными преобразователями способно существенно расширить область применения вихретокового контроля.

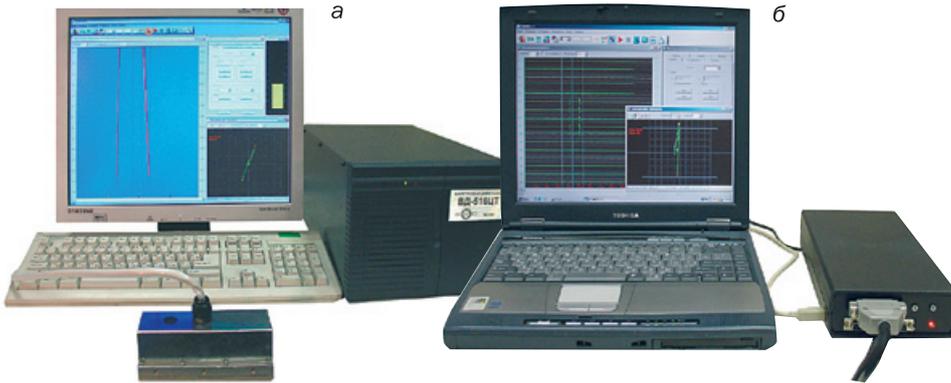


Рис. 3. Высокопроизводительные вихретоковые дефектоскопы: а – ВД-516ЦТ; б – ВД-516ЦМ

- полное сохранение полученных при контроле данных и возможность их детального анализа, в том числе – автоматическое определение параметров сигналов от дефектов;

Возможность создания специальных, в том числе гибких конструкций многоэлементных вихретоковых преобразователей позволяет рассчитывать на их применение для контроля

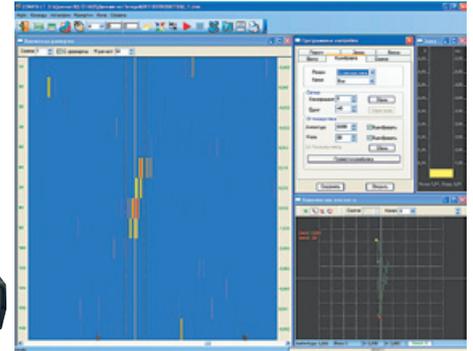


Рис. 4. Сигнал от стресс-коррозионной трещины на экране ВД-516ЦТ

Статья получена 6 февраля 2006 г